

DIKTAT

PENGANTAR PENGETAHUAN BAHAN TEKNIK



Oleh :

Ir. Rus Indiyanto, MT

JURUSAN TEKNIK INDUSTRI

FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI

UNIVERSITAS PEMBANGUNAN NASIONAL "VETERAN"

JAWA TIMUR – SURABAYA

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
DAFTAR ISI	ii
BAB I BAHAN LOGAM DAN NON LOGAM	1
BAB II BAHAN LOGAM	4
BAB III PROSES PEMBUATAN BESI	10
BAB IV LOGAM NON FERROUS	21
BAB V PROSES PEMBUATAN BAJA DAN PADUANNYA	28
BAB VI PERLAKUAN PANAS PADA BAJA	47
BAB VII BAHAN SINTESIS	74
(Bahan Non Logam)	
BAB VIII PELUMAS	85
BAB IX KOROSI	96
DAN CARA MELINDUNGI	
BAB X PERCOBAAN TARIK / UJI BAHAN	103
BAB XI LATIHAN SOAL	107

Kata Pengantar

Dengan mengucapkan Puji Syukur kehadiran Allah SWT. atas limpahan rahmat dan hidayah-Nya, sehingga penyusun dapat menyelesaikan Buku ini dengan Judul : **“Pengetahuan Bahan Teknik”**.

Dalam penyusunan buku ini tidak lepas dari bantuan semua pihak, sehingga penelitian dapat diselesaikan. Maka untuk ini penyusun menyampaikan ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada Bapak/Ibu yang telah membantu penyelesaian buku ini

Penyusun berharap semoga buku ini dapat berguna bagi semua pihak yang memerlukan.

Penyusun

BAB I

BAHAN LOGAM DAN NON LOGAM

Bahan teknik dapat dibagi menjadi dua, yaitu bahan logam dan bahan nonlogam.

A. BAHAN LOGAM

Logam dapat dibagi dalam dua golongan yaitu logam ferro atau logam besi dan logam nonferro yaitu logam bukan besi.

1. Logam Ferro (Besi)

Logam Ferro adalah suatu logam paduan yang terdiri dari campuran unsur karbon dengan besi. Untuk menghasilkan suatu logam paduan yang mempunyai sifat yang berbeda dengan besi dan karbon maka dicampur dengan bermacam logam lainnya.

Logam Ferro terdiri dari komposisi kimia yang sederhana antara besi dan karbon. Masuknya unsur karbon ke dalam besi dengan berbagai cara.

Jenis logam ferro adalah sebagai berikut.

a. Besi Tuang

Komposisinya yaitu besi dan karbon. Kadar karbon sekitar 4 %, sifatnya rapuh tidak dapat ditempa, baik untuk dituang, liat dalam pemadatan, lemah dalam tegangan. Digunakan untuk membuat alas mesin, meja perata, badan ragam, bagian – bagian mesin bubut, blok silinder dan cincin torak.

b. Besi Tempa

Komposisi besi tempa terdiri dari 99 % besi murni, sifat dapat ditempa, liat, dan tidak dapat dituang. Besi tempa antara lain dapat digunakan untuk membuat rantai jangkar, kait keran dan landasan kerja pelat.

c. Baja Lunak

Komposisi campuran besi dan karbon, kadar karbon 0,1 % - 0,3 %, mempunyai sifat dapat ditempa dan liat. Digunakan untuk membuat mur, sekrup, pipa dan keperluan umum dalam pembangunan.

d. Baja Karbon Sedang

Komposisi campuran besi dan karbon, kadar 0,4 % - 0,6 %. Sifat lebih kenyal dari yang keras. Digunakan untuk membuat benda kerja tempa berat, poros, dan rel baja.

e. Baja Karbon Tinggi

Komposisi campuran besi dan karbon, kadar karbon 0,7 % - 1,5 %. Sifat dapat ditempa, dapat disepuh keras, dan dimudahkan. Digunakan untuk membuat kikir, pahat, gergaji, tap, stempel dan alat mesin bubut.

f. Baja Karbon Tinggi Dengan Campuran

Komposisi baja karbon tinggi ditambah nikel atau kobalt, krom atau tungsten. Sifat rapuh, tahan suhu tinggi tanpa kehilangan kekerasan, dapat disepuh keras, dan dimudahkan. Digunakan untuk membuat mesin bubut dan alat – alat mesin.

2. Logam Nonferro

Logam nonferro yaitu logam yang tidak mengandung unsur besi (Fe). Logam nonferro antara lain sebagai berikut.

a. Tembaga (Cu)

Warna coklat kemerah – merahan, sifatnya dapat ditempa, liat, baik untuk penghantar panas, listrik, dan kukuh. Tembaga digunakan untuk membuat suku cadang bagian listrik, radio penerangan, dan alat – alat dekorasi.

b. Alumunium (Al)

Warna biru putih. Sifatnya dapt ditempa, liat, bobot ringan, penghantar panas dan listrik yang baik, mampu dituang. Alumunium digunakan untuk membuat peralatan masak, elektronik, industri mobil dan industri pesawat terbang.

c. Timbel (Pb)

Warna biru kelabu, sifatnya dapt ditempa, liat dan tahan korosi. Timah digunakan sebagai pelapis lembaran baja lunak (pelat timah) dan industri pengawetan.

B. BAHAN NONLOGAM

Bahan nonlogam adalah suatu bahan teknik yang tidak termasuk ke dalam kelompok logam yang didapat dari bahan galian, tumbuhan atau hasil dari proses pengolahan minyak bumi. Bahan – bahan nonlogam antara lain asbes, karer, dan plastik.

1. Asbes

Asbes adalah suatu jenis mineral terdiri dari asam kerbik dan magnesium yang berbentuk serat. Untuk beberapa mineral sangat berbeda dalam komposisi kekuatan, fleksibilitas, dan kualitas dari serat – seratnya.

Misalnya jenis krisotil yang bentuk seratnya bervariasi panjang dan pendek, sedangkan jenis antopilit bentuk seratnya bervariasi, tidak dapat dipintal tetapi lebih tahan terhadap asam.

Asbes dipakai untuk melapisi rem mobil. Serat asbes yang murni dipakai untuk keperluan kimia. Tali asbes dan kain asbes banyak digunakan untuk bermacam – macam keperluan. Misalnya untu kaus tangan, baju tahan api, isolasi listrik dan panas, bahan paking, bius sumbat dan peredam bunyi.

2. Karet

Karet diperoleh dari getah pohon *Hevea brasiliensis* yang tumbuh di daerah tropis. Pohon – pohon itu disayat kulitnya untuk mendapatkan getah putih yang disebut lateks. Lateks yang diperoleh terdiri dari bola karet dan air.

Karet tidak dapat menjadi cair, tetapi pada suhu 200°C menjadi suatu massa kental yang akan memuai pada pemanasan yang lebih tinggi. Untuk membuat bahan elastis atau kenyal maka karet itu divulkanisir atau diberi campuran belerang. Karet dapat ditambahkan bahan pengisi, misalnya arang, kapur, antimon, dan timbel.

Karet tahan terhadap keausan. Karet sintesis atau karet tiruan dibuat dari mineral minyak bumi. Karet sintesis lebih tahan terhadap minyak dan gemuk, tetapi kurang tahan terhadap temperatur tinggi.

3. Plastik

Kita dapat membagi plastik dalam dua golongan yaitu golongan “termoplast” dan golongan “termohard”. Sifat dari kedua golongan plastik tersebut dapat dijelaskan sebagai berikut.

- a. Termoplast, dibentuk dari molekul – molekul panjang, jadi termoplast adalah bahan yang dapat menjadi plastik oleh pemanasan dan dalam keadaan ini bahan tersebut dapat dibentuk.
- b. Termohard, terbentuk dari molekul – molekul bentuk jaringan besar, jadi termohard adalah bahan yang dengan pemanasan tidak menjadi lembek dan tidak dapat cair.

BAB II

BAHAN LOGAM

A. Pendahuluan dan Pengenalan

Ilmu logam adalah suatu yang mencakup seluruh pengetahuan yang mempelajari bahan – bahan logam pada umumnya : tentang komposisi, susunan struktur kristal dan sifat – sifat fisis dan mekanis.

Hal yang lebih luas lagi tercakup dalam ilmu logam adalah mempelajari cara – cara pemisahan logam dari bijihnya terhadap ikatan – ikatan cat pengotornya (impurities elements) kemudian diikuti dengan cara – cara pengolahan secara teknis sehingga diperoleh suatu jenis logam tau logam campur yang dapat memenuhi kebutuhan–kebutuhan tertentu.

Karena luasnya ilmu logam maka timbul cabang – cabang ilmu logam yang bersifat spesialisasi yang mendukung antara lain :

1. **Fisika Metallurgi** adalah bagian dari ilmu logam yang mempelajari cara – cara pemisahan logam dari bijih logamnya terhadap ikatan zat – zat pengotornya dengan pengolahan teknis sehingga pada akhirnya diperoleh logam yang siap pakai oleh manusia.
Contohnya adalah proses yeknis mata rantai sejak bijih ferro diolah dalam daput tinggi didapat besi kasar (pig iron). Selanjutnya besi kasar (dapur cupola atau dapur Bessemer) sehingga pada akhirnya didapat batangan – batangan besi tuang (cast iron) atau baja (steel).
Dengan bahan – bahan batangan ini sebenarnya masih berupa hasil setengah jadi, untuk pemenuhan kebutuhan manusia dilakukan proses lanjut yang disebut proses pembentukan (shaping process) dengan menggunakan mesin- mesin produksi pabrik besi dan baja.

Untuk besi tuang, shaping process dilakukan dengan pengecoran dengan menggunakan metode teknik pengecoran logam, untuk mendapatkan bentuk konfigurasi tertentu digunakan cetakan – cetakan bentuk tertentu. Untuk baja, shaping process dilakukan proses mekanis sehingga didapatkan baja – baja profile bermacam – macam bentuk (antara lain : profil L, U, T, I, segi empat, bulat ataupun plat).

2. **Metallografi**, yaitu ilmu logam yang mempelajari dan menyelidiki sifat – sifat serta struktur logam dari apa yang terlihat secara visual atau dengan mikroskop.
3. **Fisika logam**, mempelajari sifat – sifat fisis dan mekanis baik logam tunggal maupun logam campur (paduan) sifat kekuatan bahan, sifat listrik, sifat kekenyalan (plastikity) dan lain – lainnya.
4. **Kimia logam**, mempelajari dan menyelidiki terutama sifat – sifat logam dari sudut susunan kimiawinya, sifat ketahanan terhadap korosi, kemampuan terhadap proses pengelasan dan heat treatment process.

Tersebut pada contoh – contoh di atas adalah cabang – cabang ilmu logam yang tidak dapat berdiri terpisah sendiri – sendiri, tetapi cabang – cabang ilmu adalah saling mengait dalam process produksi dan process industry pada kenyataan yang sebenarnya. Hal ini sudah jelas karena tiada industri apapun tanpa kehadiran bahan logam.

Sebagai gambaran bahwa antara cabang – cabang ilmu logam tersebut tidaklah dapat diberikan batas – batas tertentu, tetapi ahli ilmu dan pengetahuan dari Anglo-Saxon megatakan yang dimaksud dengan metallurgi tidak hanya memisah dan memurnikan, akan tetapi termasuk pula pengolahan untuk mencukupi kebutuhan manusia, sehingga pendapat ini membagi metallurgi menjadi :

- a). Metallurgi produktif atau metallurgi ekstraktif, mengutamakan penyelidikan dan pengolahan dari bijih logam.
- b). Metallurgi adaptif, mengutamakan proses pengolahan dan penyelidikan sehingga dapat berguna dalam kehidupan manusia.

B. Perbedaan prinsip Sifat Bahan Logam Dengan Bahan Non-Logam

Seluruh element atau unsur tersusun dalam daftar periodic system dari unsur – unsur (periodic table of elements) dari mendeleyeff atau Volta. Dari daftar periodik sistem element terlihat adanya grup element yang masuk element logam (metals) dan element Non metals (bukan logam). Diantara kedua grup ini ada element yang berperilaku sebagai logam atau non logam yang disebut : Metaloid.

Beberapa pengertian dasar yang perlu adalah :

📖 Unsur atau element ialah suatu zat yang tidak dapat diuraikan lagi menjadi beberapa zat baru (LAVOISIER).

📖 Atom ialah bagian yang terkecil dari suatu unsur yang dapat menjadi salah satu pembentuk dari sebuah molekul zat lain. (DALTON).

📖 Molekul ialah bagian yang terkecil dari suatu zat yang dapat berdiri sendiri. (AVOGADRO).

Elemen logam adalah grup element dalam periodic sistem unsur – unsur yang mempunyai valensi elektron yang lebih rendah disbanding dengan valensi elektron element non-logam.

Jumlah valensi elektron element logam : 1 - 2 buah, sedangkan valensi electron non-logam 5 - 8 buah.

Elektron pada element logam mempunyai hubungan atau ikatan yang lemah dengan intinya, sehingga electron mudah lepas. Oleh karena itu, apabila terjadi suatu reaksi kimia dengan element lain akan terjadi perpindahan electron, yang diikuti oleh adanya perbedaan potensial. Perbedaan potensial ini memungkinkan perpindahan electron yang bermuatan negative (-) ke arah pool yang positif (+). Itulah mengapa element – element logam adalah penghantar arus listrik.

Pada proses reaksi kimia electron berpindah dari atom – atom element logam ke atom – atom element non-logam, akibat sifat ini pula maka atom element logam berubah menjadi ion + (positif) dan atom element non-loga, menjadi ion – (negative).

Peristiwa penghantaran arus listrik disebut elektrolisa.

Sifat – sifat phisis dari element – element ini akan mendasari teori korosi yang terjadi pada bahan – bahan logam.

Beberapa pengertian yang diketahui adalah :

- 1 Beberapa jenis bahan logam misalnya terjadi pada Fe dan Cu dimana zat yang menghancurkan arus listrik tetapi zat tersebut tidak diuraikan.
- 2 Jenis zat elektrolit, yaitu zat yang diuraikan menjadi zat – zat lain ketika menghantarkan arus listrik. Jenis zat ini disebut elektrolit.

Contohnya : Asam, Basa dan Garam.

Teori **SVANTE ARRHENIUS** (ilmuwan bangsa Swedia (1887)) menyatakan :

1. Jika sebarang elektrolit dimasukkan dalam suatu zat pelarut (missal : air) maka molekul – molekul elektrolit mengurai menjadi partikel – partikel (zarah – zarah) yang bermuatan + (positif) dan – (negatif) yang disebut ion. (berasal dari kata bahasa Yunani yang artinya berjalan, bergerak). Oleh karena molekul – molekul itu bermuatan listrik maka jumlah muatan dari ion + (positif) dan – (negatif).
2. Pada peristiwa elektrolisa ion – ion tersebut menghantarkan arus listrik. Dimana arus listrik tersebut memasuki larutan pada elektroda positif (+) atau disebut anoda, dan keluar lagi melalui elektroda negative (-) atau disebut katoda.

Tetapi sesungguhnya yang terjadi di dalam larutan adalah ion – ion + berjalan ke katoda – disebut **KATHION**.

Sedangkan ion – ion logam selalu berjalan ke kathoda – dan ion – ion itu bermuatan positif (+)

Secara fisis mekanis beberapa sifat – sifat bahan logam yang membedakan dengan sifat bahan non logam adalah :

- ✓ Benda padat (solid state).
- ✓ Penghantar panas, aus listrik.

- ✓ Bersifat elastis artinya dapat meregang (mulur) / memanjang dan susunan atom- atom tersusun dalam aturan tertentu dan konsisten (tetap).
- ✓ Permukaannya licin atau berkilat – kilat.

Hal – hal tersebut di atas tidak seluruhnya dimiliki oleh benda non-logam (misalnya : kayu, kaca, batu, fosfor, nelerang dan sebagainya), bahkan pada benda cair maupun benda gas.

C. Pembagian Kelompok Unsur – unsur (Element penting)

Dari daftar periodic system element dapat diketahui bahwa bahan logam adalah benda padat dan dilihat dari kegunaan dalam industri maka bahan logam termasuk bahan teknik.

Pembagian kelompok element logam dapat didasarkan kepada sifat fisis dan mekanis bahan logam tersebut.

a. Element	{	Logam	Fe, Cr, Al, Mo, V, W, Ni
		Contoh	: Zn, Cu, Sn, Pb, Mn, Sb, Pt, Ag, Au
		Non Logam	C, H, N, O, S, P
		Contoh	:
b. Element Logam	{	Logam Hitam (Ferrous)	: Ferro dan grupnya
		Logam Putih (Non Ferrous)	: Ferro dan grupnya

1. Yang termasuk grup logam hitam (ferrous) adalah : Ferro, Cobalt, Nickel.

Kelompok inti mempunyai sifat : magnetik, berat jenis dan kekerasannya tinggi.

2. Logam tahan temperatur tinggi.
 $\overset{x>}{\text{Mo}}$ (2625⁰C), $\overset{x>}{\text{Va}}$ (1735⁰C), $\overset{x>}{\text{Wolfram/Tungsten}}$ (3410⁰C), $\overset{x>}{\text{Chromium}}$ (1890⁰C), $\overset{x>}{\text{Titanium}}$ (1820⁰C).
 Melting Point, ⁰C

Element – element ini sangat berguna sebagai element paduan (alloying element) pada baja karbon sehingga membentuk baja paduan yang bersifat special (khusus).

3. Logam radioaktif : uranium, plutonium, thorium, radium, actinium.
4. Logam alkali tanah jarang (didapat) Lantanum, Utrium, Skandium.
 Logam – logam ini jarang diperoleh.
5. Logam alkali tanah : Na, K, Ba, Sr.
 Dalam logam bebas logam – logam ini tidak bermanfaat kadang – kadang dipakai untuk penghantar panas pada reaksi atom.

Yang termasuk grup logam putih :

1. Logam – logam ringan : Mg, Al, Be (Beryllium)
 Sifat : Bd sangat rendah.
2. Logam – logam mulia : Ag, Au, Pt, Cu
 Iridium (Ir), Paladium (Pd), Osnium (Os), Rutenium (Ru), Rhodium (Rh).
3. Logam ringan : Zn, Cadmium (Cd), Bismuth (Bi), Hg, Sn, Indium (In), Tallium (Te), Pb, Stibium Antimon (Sb), As (Arsenium), Ge (Germanium), Ga (Gallium).

Catatan : Copper (Cu) pada zaman purbakala termasuk logam mulia, karena jarang didapat. Tetapi dengan kemajuan teknologi exploitasi mineral, maka copper (Cu) sekarang sudah termasuk logam teknik.

Logam mulia merupakan logam yang memiliki sifat anti korisive yang sangat tinggi dan kekerasannya tinggi. Saat ini masih termasuk logam perhiasan.

D. Kelompok Logam – logam Spesial

Pada dasarnya element logam terdapat di alam dalam bentuk bijih logam, sehingga perlu adanya pemurnian dari zat – zat pengotor yang mengikatnya (perlu adanya ore dressing). Beberapa jenis logam dalam keadaan murni di alam antara lain : Au, Pt, dan Ag.

Apabila logam dalam keadaan murni dapat berdiri sendiri dapat digunakan dalam teknik disebut logam tunggal (Zn, Al, Cu). Namun ada logam tunggal yang belum memenuhi syarat penggunaan konstruksi khususnya sifat mekanis baik beban statis maupun beban dinamis.

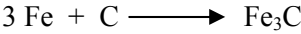
Untuk maksud menambah kemampuan teknis bahan logam dilakukan proses produksi (pengolahan) dengan memadukan element lain baik element logam maupun element non logam. Proses pengolahan dilakukan dalam dapur peleburan hasilnya disebut logam paduan (Alloy metals).

Alloy metal adalah paduan antara dua element atau lebih baik element logam dengan element logam atau element logam dengan element non logam yang menghasilkan logam paduan (logam baru) yang berfungsi sebagai bahan logam, dengan tujuan meningkatkan sifat fisis dan mekanis yang lebih baik dari logam-logam induknya.

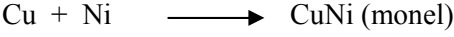
Beberapa contoh :

- 1. Ferro dalam bentuk logam murni (tunggal) belum memiliki sifat mekanis, karena sifatnya lunak, untuk itu dilakukan penambahan element C (Carbonium) sebagai alloying element non logam maka

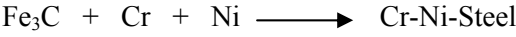
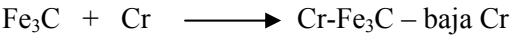
akan menghasilkan struktur Fe dan C → Ferro Carbide yang mampu terhadap beban mekanis/statis yang disebut besi tuang (cor, cast iron) dan Baja (steel). Jumlah maksimum atom Carbonium yang dapat bereaksi dengan atom Ferro adalah 6,67% Carbon. Sehingga perbedaan besi tuang dengan baja terletak pada kadar element Carbon yang terikat dalam atom-atom Ferro.



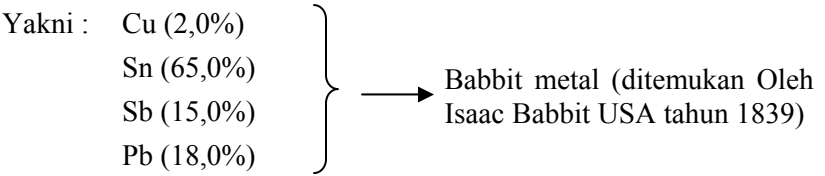
- 2. Cu dalam bentuk logam murni (tunggal) dipadukan dengan logam Sn (tunggal) akan mendapatkan logam paduan (logam baru) disebut bronze (perunggu) dengan sifat mekanis yang berbeda dengan logam induknya.



- 3. Baja karbon apabila ditambah sejumlah tertentu (dalam % prosentage) alloying element misalnya Cr akan didapat Baja Chrom (Cr-Steel) yang mempunyai sifat fisis dan mekanis lebih baik dari baja carbon.



- 4. Campuran 4 (empat) element logam



Logam babbit mempunyai sifat fisis dan mekanis yang lebih baik dari logam-logam induknya.

BAB III

PROSES PEMBUATAN BESI

A. PENDAHULUAN

Bijih besi merupakan bahan baku dalam pembuatan besi yang dapat berupa senyawa oksida, karbonat, dan sulfida serta tercampur dengan unsur lain misalnya silikon. Bijih besi diolah dalam tanur atau dapur tinggi untuk menghasilkan besi kasar. Besi kasar adalah bahan baku untuk pembuatan besi cor (cast iron), besi tempa (wrought iron), dan baja (steel). Ketiga macam bahan itu banyak dipakai dalam bidang teknik.

Baja adalah logam paduan antara besi dan karbon dengan kadar karbonnya secara teoretis maksimum 1,7 %. Besi cor adalah logam paduan antara besi dan karbon yang kadarnya 1,7 % sampai 3,5 %. Besi tempa adalah baja yang mempunyai kadar karbon rendah.

Dilihat dari kegunaannya maka besi dan baja campuran merupakan tulang punggung peradaban modern sampai saat ini untuk peralatan transportasi, bangunan, pertanian, dan peralatan mesin.

B. BAHAN ASAL BESI

Bahan dasar besi mentah ialah bijih besi yang jumlah persentase besinya haruslah sebesar mungkin. Besinya merupakan besi oksida (Fe_2O_4 dan Fe_2O_3) atau besi karbonat (FeCO_2) yang dinamakan batu besi spat. Pengolahan besi mentah pada dapur tinggi dilakukan dengan cara bijih besi menggunakan kokas, bahan tambahan, dan udara panas.

Bijih besi didatangkan dari tambang dalam berbagai mutu dan bongkalan yang tidak sama besar, serta bercampur dengan batu dan tanah liat.

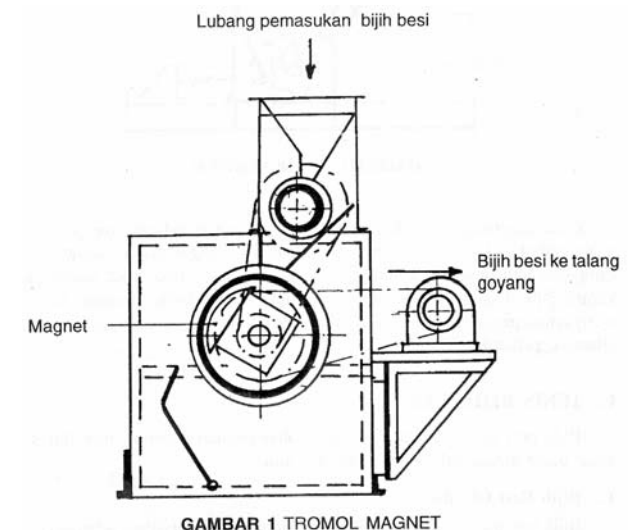
Bongkalan bijih besi dipecah menjadi butiran yang sama besar, dengan ukuran paling besar 60 mm kemudian dimasukkan ke dalam pemecah bijih melalui kisi – kisi goyang supaya masuknya sama rata.

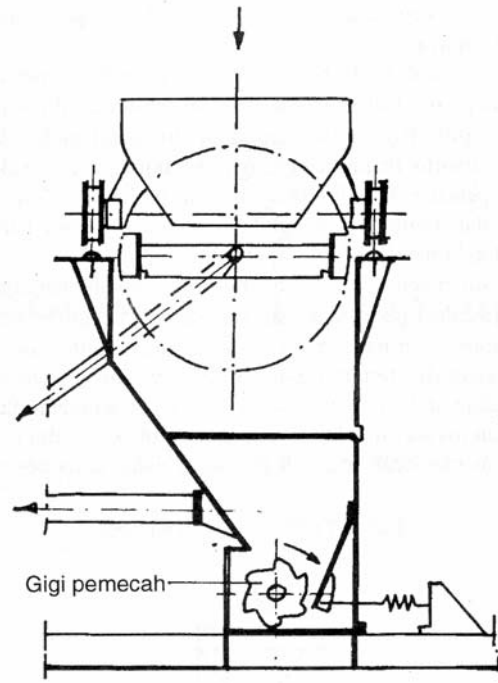
Dari mesin pemecah bijih besi, besi diantar ke tromol magnet dengan sebuah talang goyang yang lain. Dalam tromol tersebut bijih besi dipisahkan dari batu – batu yang tercampur. Bijih besi kemudian dimasukkan ke dalam instalasi penyaring instalasi pencuci. Untuk lebih jelasnya, perhatikan gambar 1!

Bijih halus dan butiran yang lebih kecil dari 18 mm yang datang dari pemecah bijih diaglomir di dalam dapur atau panis sinter.

Pada proses sinter selalu ditambahkan debu bijih yang berjatuhan dari dapur tinggi dan dari instalasi pembersih gas supaya dapat diambil besinya.

Di dalam dapur sinter mula – mula diisikan selapis bijih hauls dan di atasnya bijih besi yang akan diaglomir. Bubuk bijih tidak dapat jatuh melalui rangka bakar karena ditahan oleh bijih halus itu. Apabila isi panci telah selesai dikerjakan panci berputar dan massa dijatuhkan ke dalam gerobak melalui pemecah bergigi yang berputar dan memecah menjadi potongan yang sama besar.





GAMBAR 2 PANGCI SINTER

Cara lain pengolahan bijih besi ialah dengan mendiang (membiarkan di udara terbuka) bijih itu terlebih dahulu untuk menghilangkan kadar air dan campuran lain misalnya belerang, sehingga beratnya bisa susut sampai lebih kurang 30 %. Dengan demikian, biaya pengangkutan dapat dikurangi dan dapat menghemat pemakaian kokas dalam proses dapur tinggi nantinya. Untuk lebih jelasnya, perhatikan Gambar 2!

C. JENIS BIJIH BESI

Bijih besi yang digunakan sebagai bahan mentah dalam memproduksi besi kasar dapat dibagi dalam 3 kelompok, yaitu :

1. Bijih Besi Oksida

Bijih besi itu mengandung oksida dan terdiri dari jenis – jenis sebagai berikut :

a. Bijih Besi Magnet

Bijih besi magnet mengandung mineral magnetic (Fe_3O_4) dan merupakan magnetic berwarna coklat serta mengandung kadar besi sekitar 56 %.

b. Bijih Besi Hematit

Bijih besi hematit mengandung mineral helatit (Fe_2O_3) berwarna sawo matang dan mengandung kadar besi sekitar 40 % sampai 56 %.

2. Bijih Besi Hidrat

Bijih besi hidrat terdiri dari batu besi coklat atau limonit ($2\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$) dan batu besi sawo matang ($\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$) yang mengandung kadar besi sekitar 20 – 35 %.

3. Bijih Besi Karbonat

Bijih besi karbonat adalah bijih besi yang termasuk pasir, berupa mineral siderite (FeCO_3) yang mengandung kadar besi sekitar 30 %.

Bijih besi dapat pula dikelompokkan berdasarkan persentase fosfor (P) yang terkandung didalamnya. Unsur fosfor kurang dapat direduksi dalam proses dapur tinggi sehingga berakibat buruk pada sifat besi kasar. Bijih besi tersebut dapat dikelompokkan sebagai berikut :

- a. Bijih besi yang mengandung fosfor dalam persentase rendah di atas sekitar 0,04 %, tetapi besi itu mengandung unsur silikon yang relatif tinggi.
- b. Bijih besi yang mengandung unsur fosfor tinggi di atas sekitar 2,5 %, tetapi mengandung unsur silikon yang relatif rendah.

Pengolahan bijih besi yang mengandung fosfor membutuhkan biaya lebih mahal. Dalam pengolahan biasanya dicampur dengan bijih besi hematite untuk memperbaiki kemurnian besi.

Pada umumnya bijih besi yang diolah di dalam dapur tinggi mengandung kadar besi yang tinggi, tidak mudah pecah, dan mempunyai kepekatan yang sesuai, maksudnya tidak terlampaui pekar agar mudah menerima reaksi kimia. Bijih besi tersebut mempunyai besar ukuran yang sesuai, mengandung sulfur sekitar 0,2 % dan fosfor 2,5 %. Walaupun demikian, kemurnian tergantung pada jenis yang akan diproduksi.

D. BAHAN BAKAR

Bahan bakar yang dapat digunakan dalam peleburan bijih besi yaitu arang, kayu, antrasit, dan kokas. Kokas paling banyak digunakan, karena mempunyai nilai kalor yang tinggi sekitar 8.000 kal / kg dan mempunyai kadar zat arang yang tinggi. Selain itu, kokas bersifat keras, berukuran besar, dan berpori – pori.

Kokas diperoleh dengan pembakaran batu bara secara tidak sempurna di dalam dapur kokas. Apabila telah digunakan untuk melebur bijih besi di dalam dapur tinggi maka akan keluar sebagai gas bekas yang disalurkan melalui pipa untuk digunakan sebagai gas lokal industri pengolahan logam. Kejelekan dari bahan bakar itu adalah banyak mengandung belerang (S) yang sangat buruk pengaruhnya terhadap proses pembuatan besi ataupun baja.

E. BATU KAPUR

Batu kapur (CaO) digunakan sebagai bahan pengikat atau bahan imbuhan dari kotoran dan unsur – unsur yang tidak diinginkan tercampur dalam larutan besi kasar untuk dijadikan terak. Dalam proses dapur tinggi batu kapur berguna sebagai bahan pengikat kotoran dan batu ikutan, melindungi besi dari oksidasi serta mengambil atau mereduksi unsur fosfor dan sulfur dari cairan besi.

F. UDARA PANAS

Udara panas yang dimasukkan ke dalam dapur tinggi digunakan untuk membakar kokas sehingga menghasilkan gas panas bertemperatur

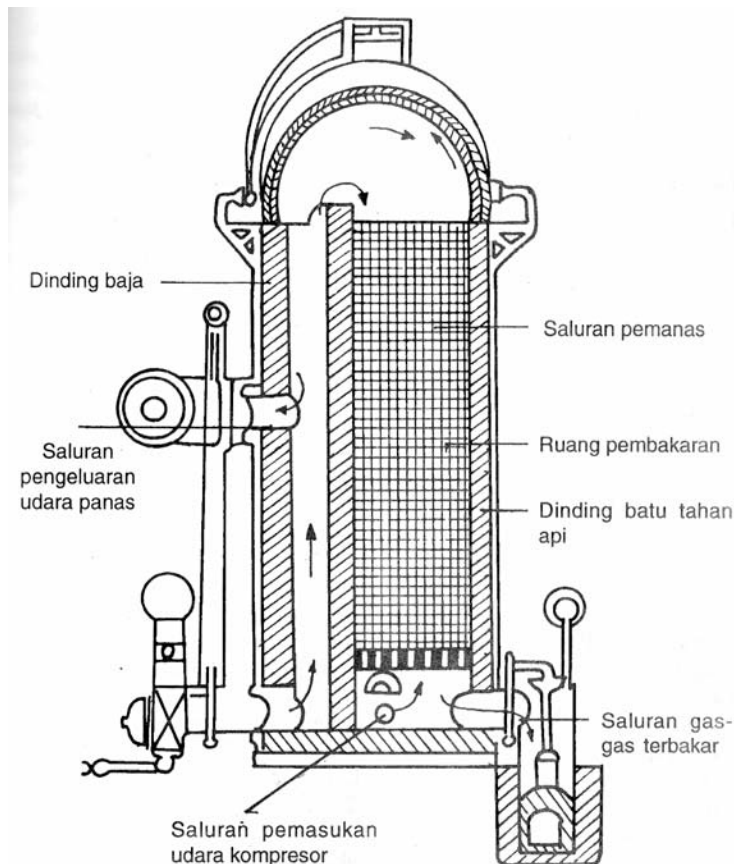
tinggi dan karbin monoksida (gasCO). Gas panas digunakan untuk melebur bijih besi dan mereduksi unsur – unsur yang terdapat di dalam bijih besi yang telah cair.

Udara panas diperoleh dengan memanaskan udara dingin di dalam dapur Cowper (Gambar 3). Dapur tersebut menghasilkan udara panas dengan temperatur sekitar 800 – 900⁰C. pada bagian dalam dapur dilapisi dengan batu tahan api yang dapat dipanaskan dengan gas panas. Batu tahan api yang telah panas digunakan untuk memanaskan udara dingin yang dimasukkan ke dalam dapur sehingga mencapai temperatur sekitar 800 – 900⁰C. Setelah itu, udara panas langsung dikeluarkan dari dalam dapur untuk dimasukkan ke dalam dapur tinggi.

Pada umumnya suatu perusahaan dapur tinggi dilengkapi dengan 3 buah dapur pemanas udara. Kegunaan dapur tersebut yaitu satu dapur dipersiapkan untuk melayani dapur tinggi, sedangkan yang lainnya untuk membuat gas panas dan servis.

Pemakaian udara panas di dalam dapur tinggi untuk mempercepat proses reduksi dan menghemat bahan bakar. Kebutuhan udara panas pada dapur tinggi dapat diperhitungkan dengan cara sebagai berikut.

Misalnya udara panas dapur tinggi yang bekerja 24 jam menghasilkan 300 ton besi kasar yang mengandung karbon sekitar 4 %. Selama proses berlangsung, digunakan 350 ton kokas yang mengandung kadar karbon sekitar 80 % dan setiap 1 kg kokas membuat 5 m³ gas panas yang mengandung 60 % N dan udara panas mengandung 8- % N.



GAMBAR 3 DAPUR COWPER

Hitunglah berapa m^3 udara panas yang diperlukan setiap menit! Cara menghitungnya dapat dilakukan sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 \text{Jumlah C dalam kokas} &= 80 \% \times 350 = 280 \text{ ton} \\
 \text{Jumlah C dalam besi} &= 4 \% \times 300 = 12 \text{ ton} \\
 \text{Jumlah C menjadi gas} &= (280-12) \times 10^3 \text{ kg} / 24 \text{ jam} \\
 \text{Jumlah gas dalam dapur tinggi} &= 268 \times 10^3 \times 5 \\
 \text{Jumlah N dalam gas} &= 60 \% \times 268 \times 10^3 \times 5 \\
 \text{Jumlah kebutuhan udara panas dalam 24 jam} &= 0,6 / 0,8 \times 269 \times 10^3 \times 5
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Jumlah kebutuhan udara panas per menit} &= \frac{0,6 \times 268.000 \times 5}{0,8 \times 24 \times 60} \\
 &= 698 \text{ m}^3 \text{ per menit.}
 \end{aligned}$$

G. DAPUR TINGGI

Pembangunan industri dapur tinggi pada umumnya diusahakan dekat dengan daerah penyimpanan atau pengadaan bahan yang akan diolah, seperti bijih besi, bahan bakar, dan batu kapur. Tujuannya untuk mempermudah dan mempercepat proses pengisian bahan mentah ke dalam dapur tinggi sehingga dapat memperlancar produksi besi kasar.

Dapur tinggi terdiri dari kerangka baja yang terdiri tegal lurus dan mendekati bentuk silinder. Dapur itu mempunyai tinggi sekitar 30 meter dan diameter sekitar 6 meter. Pada bagian dalam dapur disediakan batu tahan api dan dilengkapi dengan alat pemasukan bahan – bahan pada bagian atas, sedangkan pada bagian bawah terdapat tempat pengumpulan besi dan terak cair.

Sistem pemasukan bahan adalah dengan system berputaar sehingga bahan- bahan dapat tersusun mengelilingi bagian dalam dapur. Dapur itu juga dilengkapi dengan pipa embus yang berguna untuk menyalurkan udara panas ke dalam dapur. Setiap dapur dilengkapi dengan 12 buah pipa embus yang dihubungkan dengan pipa induk.

Di samping itu, setiap dapur dilengkapi dengan kaca embus berukuran kecil yang digunakan untuk memeriksa bagian dalam dapur sewaktu proses pengolahan berlangsung. Dengan demikian, proses reduksi yang terjadi di dalam dapur dapat dinilai dari luar dan penyesuaian kondisi besi cair dapat dilakukan dengan baik.

Bahan – bahan mentah yang dimasukkan kedalam dapur terlebih dahulu ditimbang perbandingannya. Setelah itu dibawa dengan kereta ke bagian atas dapur dan langsung ditumpahkan secara otomatis ke dalam dapur melalui lubang pemasukan bahan. Pada waktu proses pengolahan berlangsung, bagian atas dapur ditutup rapat sehingga tidak dapat dilalui gas atau udara.

Udara panas yang dimasukkan ke dalam dapur akan membakar sebagian bahan bakar kokas yang terletak di bagian bawah dapur. Pembakaran ini menghasilkan panas tinggi dan gas karbon monoksida. Gas karbon monoksida menguap ke puncak dapur sambil mereduksi oksida besi yang terdapat dalam bijih besi. Oksida besi yang dihasilkan tetap dalam keadaan padat atau belum cair karena temperatur dapur dalam keadaan padat atau belum cair hanya sekitar 600°C sedangkan titik cair sekitar $1.500 - 1.600^{\circ}\text{C}$.

Pada waktu dapur mencapai temperatur tinggi maka akan terjadi proses peleburan bijih besi dan penyerapan unsur karbon oleh besi cair, sehingga akan dihasilkan suatu besi cair yang terdiri dari campuran besi dan karbon (Fe-C). Temperatur pencairan di dalam dapur akan turun dengan bertambahnya unsur karbon yang bercampur di dalam besi cair dan sebagian besi cair akan turun ke bawah dapur. Saat itulah terjadi penyerapan unsur karbon monoksida yang sedang naik ke atas dapur. Besi karbon akan cair pada temperatur sekitar 1.200°C sehingga bijih besi akan terjadi pelumeran sewaktu berada di bagian bawah kerucut (di atas daerah tungku).

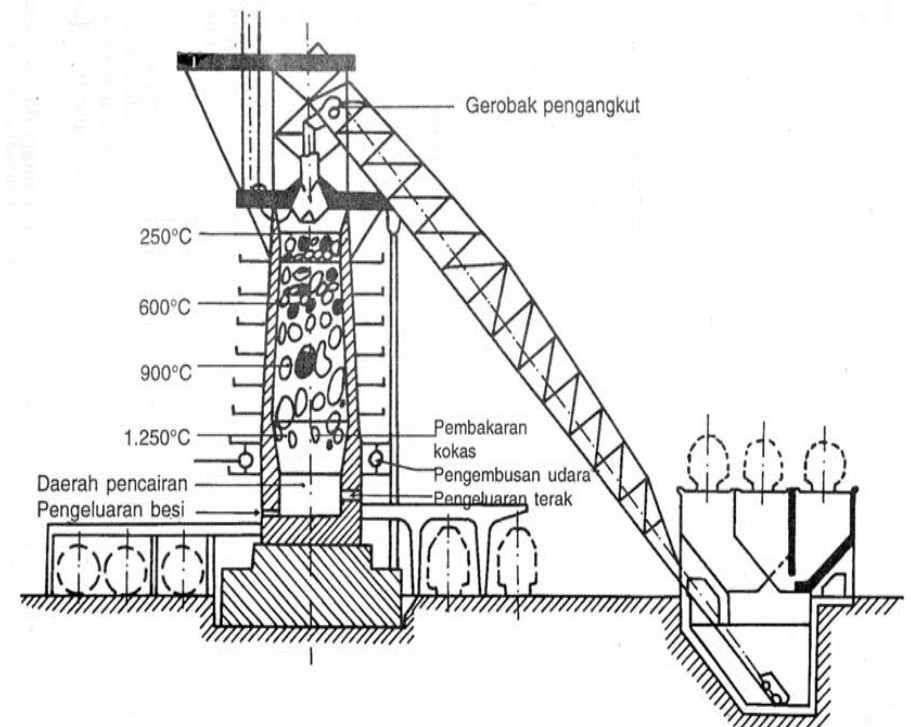
Batu kapur (CaO) yang dimasukkan ke dalam dapur tinggi berubah menjadi kapur tohor akibat gas panas yang terdapat di dalam dapur. Sewaktu terjadi proses reduksi di dalam dapur, kapur akan mengikat kotoran – kotoran dan unsur – unsur mineral yang tidak diperlukan dalam pengendapan besi kasar. Bahan – bahan yang diikat oleh kapur akan menjadi terak cair. Terak cair yang telah terbentuk turun ke bawah dapur (bagian tungku) bersama dengan besi cair, terak cair akan mengapung di atas cairan besi. Terak yang telah dikeluarkan dari dalam dapur dapat digunakan sebagai jalan lintas kereta api, jalan raya, bahan pembungkus dan sebagainya.

Proses peleburan bijih besi digunakan untuk mengubah bijih besi menjadi besi kasar yang terjadi dengan cara reduksi kimia. Ada dua proses reduksi kimia yang terjadi di dalam dapur yaitu reduksi tidak

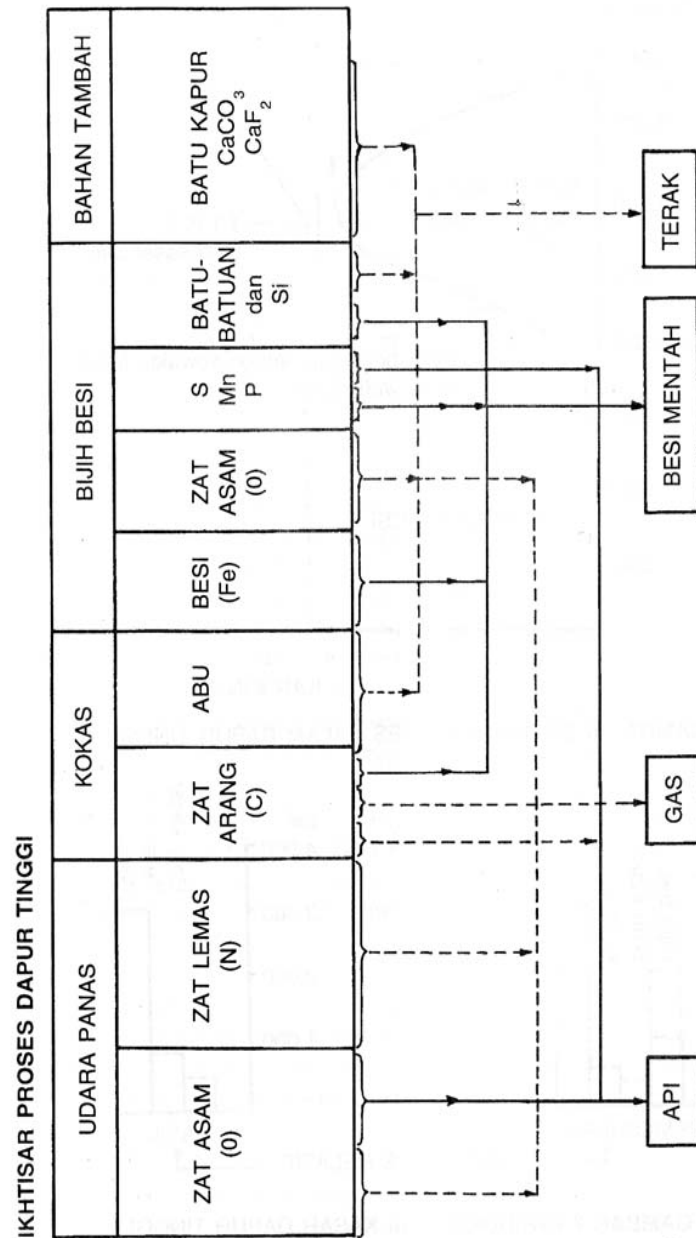
langsung oleh CO dan reduksi langsung oleh C. jadi, reduksi kimia yang terjadi di dalam dapur adalah untuk mereduksi oksida besi, fosfor, sulfur dan mangan yang bercampur dalam bijih besi.

Saat berlangsungnya proses reduksi, juga dapat dilakukan pengontrolan kemurnian besi kasar dari unsur campuran yang tidak diperlukan dalam pembentukan besi kasar. Unsur campuran tidak mudah dipisahkan dari dalam besi. Melalui proses peleburan, unsur campuran tersebut dapat dipisahkan dan dibentuk menjadi terak.

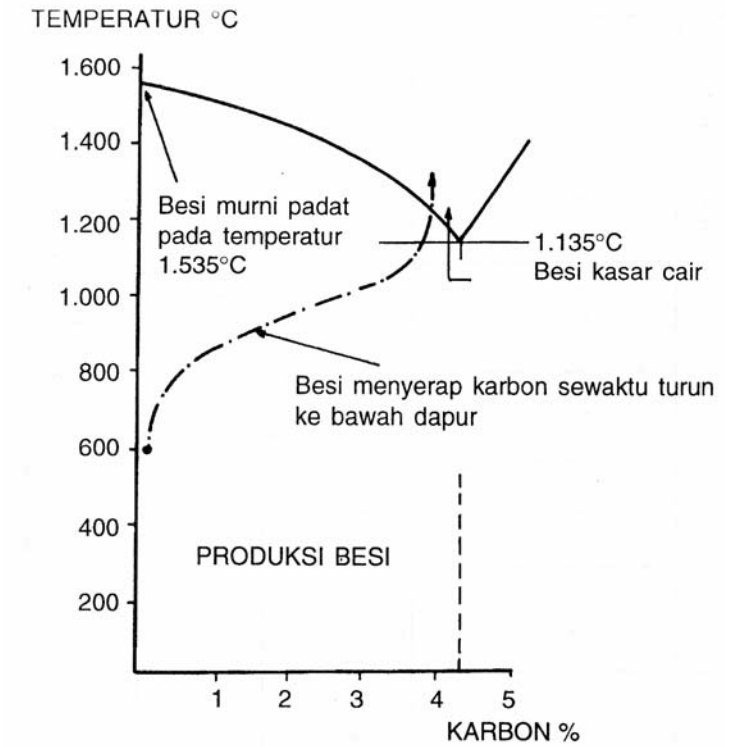
Logam campuran besi karbon yang dihasilkan dapur tinggi disebut besi kasar atau logam dapur tinggi. Besi kasar cair setelah dikeluarkan dari dapur tinggi dipindahkan ke lokasi pembuatan besi tuang, besi tempa, dan baja.



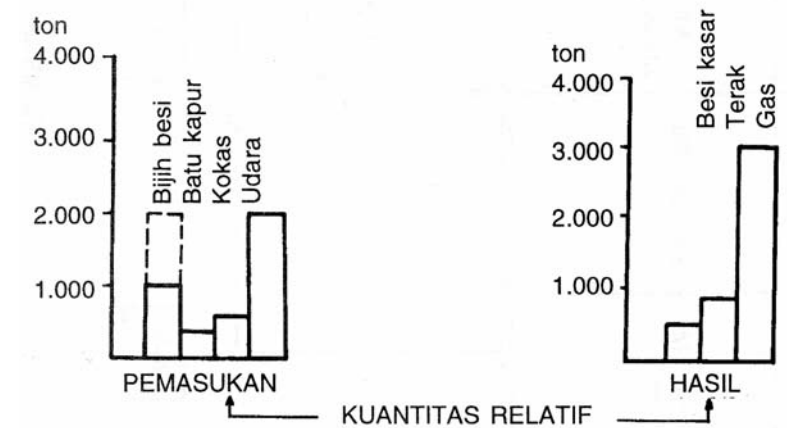
GAMBAR 4 DAPUR TINGGI



GAMBAR 5 IKHTISAR PROSES DAPUR TINGGI



GAMBAR 6 DIAGRAM PROSES DALAM DAPUR TINGGI



GAMBAR 7 PRODUKSI BESI KASAR DAPUR TINGGI

H. HASIL DIDAPUR TINGGI

Hasil dapur tinggi yang utama yaitu terak dan besi kasar, di samping itu, dibagian bawah juga menghasilkan gas dan debu. Gas yang dihasilkan dari dalam dapur tinggi adalah gas CO, sebagian digunakan untuk memproses reduksi bijih besi dan sebagian lagi dikeluarkan.

Gas yang dikeluarkan dari dalam dapur mempunyai susunan, sebagai berikut :

- 1). Karbon dioksida (CO_2) sekitar 8 – 12 %
- 2). Karbon monoksida + Karbon dioksida ($\text{CO} + \text{CO}_2$) sekitar 39–40 %.
- 3). Zat lemas (N_2) sekitar 57 – 58 %.
- 4). Zat air (H_2O) sekitar 2,5 – 3 %.

Debu yang dihasilkan dari dalam dapur masih mengandung oksida besi. Debu tersebut setelah diproses dapat dimasukkan kembali ke dalam dapur tinggi dalam persentase yang terbatas.

1. Terak

Terak yang dihasilkan dari dapur tinggi mempunyai volume kira – kira 3 kali dari volume besi kasar. Dapur tinggi yang melakukan proses reduksi dengan sempurna akan menghasilkan terak yang berwarna putih (putih keabu – abuan) atau mendekati warna hijau. Apabila hasil terak dengan besi sama banyaknya maka terak berwarna hitam menandakan terak mengandung besi. Terak dapat diproses lebih lanjut untuk dijadikan bahan – bahan sebagai berikut.

- 1). Pupuk fosfat dari terak yang mengandung fosfor (Ca_2PO_4).
- 2). Batu tegel yang kualitasnya hampir sama dengan batu alam.
- 3). Tenun wol yang dipakai sebagai bahan penutup mesin.
- 4). Bendungan air.
- 5). Terak cair yang baru keluar dari dalam dapur tinggi disemprot dengan air akan menjadi pasir terak. Pasir terak dapat dicampur dengan aspal untuk mengeraskan jalan raya untuk kendaraan ringan.

Pasir terak yang paling halus dan dicampur dengan semen dapat digunakan untuk bangunan beton yang bermuatan statis.

2. Besi Kasar

Besi kasar adalah logam campuran besi dan karbon mengandung unsur – unsur campuran lainnya di atas 10 %. Besi tersebut dapat dikatakan logam murni dari besi tuang, yang mempunyai komposisi sebagai berikut.

a. Unsur Karbon (C)

Unsur karbon yang bercampur di dalam besi kasar sekitar 3 – 4 %. Unsur karbon yang bercampur di dalam besi akan membentuk sementit (Fe_3C). Sedangkan beberapa karbon lainnya bercampur dalam bentuk karbon bebas yang membentuk grafit. Proporsi campuran karbon bebas tergantung pada kecepatan pendinginan dan campuran beberapa unsur lainnya. Pendinginan akan berlangsung cepat dengan unsur campuran sulfur, cara ini akan menjaga pencampuran karbon di dalam besi.

Sementara itu, dengan unsur campuran silikon, cenderung untuk menghasilkan besi yang mengandung karbon bebas. Pada umumnya besi kasar mengandung paduan karbon sekitar 0,1 – 3 % dengan karbon bebas lebih dari 2,7 %.

b. Unsur Logam Lainnya

Penggolongan kelas besi kasar berdasarkan pada sifat kemurniannya, karena hal itu berpengaruh terhadap sifat logam yang dihasilkan dan mempengaruhi pemilihan sistem pengolahan selanjutnya. Kecuali unsur fosfor, jumlah relative dari unsur campuran lainnya dapat dikontrol sewaktu masih di dalam dapur tinggi. Adapun persentase unsur – unsur campuran logam lainnya yaitu sebagai berikut :

- 1). Unsur Silikon (Si) sekitar 0,4 – 2,5 %,
- 2). Unsur Sulfur (S) sekitar 0,02 – 0,2 %,
- 3). Unsur Fosfor (P) sekitar 0,04 – 2,5 %,
- 4). Unsur Mangan (Mn) sekitar 0,4 – 2,7 %.

Sisa dari persentase unsur campuran karbon dan unsur campuran logam lainnya di dalam besi kasar adalah unsur besi (Fe).

BAB IV

LOGAM NON FERROUS

A. Sifat-sifat Umum

Jumlah produksi logam non-ferrous tidak sebanyak logam ferrous (besi tuang/baja), seringkali biayanya juga relatif lebih mahal tetapi logam non-ferrous memberikan sifat fisis-mekanis atau kombinasi dari sifat-sifat bahan logam yang tidak dimiliki oleh logam ferro. Sifat-sifat tersebut antara lain : tahan korosi, penghantar listrik dan panas yang tinggi (electrical conductivity and heat transfer). berwarna dan ringan (light metal). Baja untuk menjadi tahan korosi dilakukan proses paduan dengan elemen lain (misal : chrom) sehingga harga baja tahan korosi menjadi mahal, namun keunggulan baja tahan korosi mempunyai sifat mekanis yang lebih baik karena modulus elastisitas lebih rendah tetapi angka Kekerasan dan kekuatan tarik(tensile strength) lebih besar. Untuk itu diusahakan logam non-ferrous dapat mengimbangi faktor kekuatan (mekanis) dengan teknologi pembuatannya (dipadukan dengan elemen-elemen non-ferrous lainnya). Bila dari strength to weight ratio (sifat kekuatan ratio bobot/berat logam), maka beberapa logam non-ferrous lebih unggul, ini berarti untuk memperoleh konstruksi yang sama kekuatannya maka beberapa logam non-ferrous itu akan menghasilkan konstruksi yang lebih ringan dibandingkan dengan logam ferro (baja). Sebagai contoh konstruksi untuk alat transportasi (truk, pesawat terbang, dan lain-lain) merupakan faktor yang menguntungkan untuk diperhitungkan.

Pada umumnya logam non-ferrous mudah dikerjakan pada proses tuang (*foundry*) , pekerjaan permesinan (*machining*) dan diolah bentuknya (*shaping/forming*) . Dibandingkan dengan baja yang sangat mudah dikerjakan las, logam non-ferrous: relatif lebih sulit dilas, untuk itu diperlukan teknologi las khusus logam non-ferrous.

B. Beberapa Jenis Logam Non-Ferrous dan Paduannya

Dengan maksud memenuhi syarat konstruksi mendapatkan sifat kekuatan yang lebih baik (sifat mekanis, kekerasan, tensile strength), maka logam nonferrous dipadukan dengan logam-logam non-ferrous lainnya, karena logam non-ferrous dalam keadaan murni (tunggal) belum memiliki sifat kekuatan yang tinggi.

1. Logam Tembaga dan Paduannya (Copper And Copper Alloy)

Tembaga (copper) adalah suatu logam berwarna kemerahan, mempunyai temperatur didih (boiling point) 2600°C dengan berat jenis $8,96 \text{ gr/cm}^3$ (sedikit lebih tinggi dari baja (ferro) berat jenis $7,87 \text{ gr/cm}^3$). Bersifat lunak, dapat dibengkokkan (bending) dan dapat dirol (rolling, canai).

Elemen-elemen tambahan yang terkandung didalam tembaga sedikit sekali hanya adanya oksigen (O_2) dalam bentuk Cu O_2 , dalam tembaga perdagangan kandungan Cu O_2 berkisar antara 0,03 - 0,04%. Tetapi dengan hadirnya Cu O_2 dalam larutan tembaga justru menambah sifat yang baik yaitu sifatnya ulet (*thoughness*), sifat fisis yang sangat baik yaitu sifat tahan korosi, daya hantar listrik, heat transier/daya hantar panas, karenanya dalam keadaan murni tembaga dipakai untuk alat-alat listrik.

Negara-negara di dunia penghasil logam tembaga antara lain USA, Kanada, Rhodesia, Indonesia (Tembagapura di Irian Jaya). Dalam bentuk tembaga murni dipakai untuk berbagai jenis pipa dari diameter kecil sampai ukuran besar, lembaran (pelat) berbagai ukuran.

Untuk keperluan konstruksi tembaga dipakai dalam bentuk tembaga paduan (*Copper Alloy*) untuk peralatan mesin-mesin, transmisi, building industri dengan memakai standar dari *The American Institute of Metals* (AIM) di USA. Beberapa contoh logam paduan tembaga :

1. Kuningan (brass) paduan tembaga dengan unsur utama seng (zinc, Zn) ada dua macam : Alpha Brass (unsur zinc tidak lebih dari 36%) dan Alpha-Betha Brass (unsur zinc lebih dari 36%). Perbedaan keduanya terletak pada struktur mikro logam brass, mempunyai kombinasi sifat kekuatan dan keuletan pada komposisi 70% Cu dan 30% Zn sebagai Alpha Brass, digunakan dalam teknik antara lain untuk tube (pipa) catruges (selongsong/selubung). Alpha Brass ini disebut juga Yellow Brass.
2. Perunggu (bronze), paduan tembaga dengan unsur utama timah putih. (Sn) sebagai unsur paduan (alloy element) ada beberapa jenis perunggu (bronze) tergantung dari unsur utama paduannya, contoh :
 - Tin Bronze, dengan unsur paduan utama timah putih (Sn).
 - Silikone Bronze dengan unsur paduan utama silikon (Si).
 - Aluminium Bronze, dengan unsur paduan utama aluminium (Al).
 - Manganese Bronze, dengan unsur paduan utama manganese (Mn).
- a. Bronze dengan unsur paduan utama Sn (timah putih), diperdagangkan sebagai hasil produksi dengan kadar Sn kurang dari 19%. Pada zaman

dahulu pertama banyak dipakai sebagai "gun metal" sebagai senjata kanon, membuat patung-patung, lonceng), dan sebagainya.

- b. Silikone Bronze, mengandung 4-5% Si dan akan menambah daya tahan (resistensi) terhadap asam (acid). Memungkinkan untuk dibuat rol berbentuk batangan panjang sampai diameter 1/4" - 2". Bersifat akan menjadi keras apabila mengalami pengerjaan dingin (work hardenable) dan merupakan bronze yang paling kuat diantara bronze yang *work hardenable*. Sifat mekanisnya setara dengan baja lunak (baja karbon rendah, mild steel) sedangkan sifat ketahanan korosinya setara dengan logam tembaga. Banyak dipakai untuk tanki, bejana tekan (pressure vessel), marine construction, dan pipa tekan hidrolik.
- c. Aluminium Bronze, disamping komposisi elemen Cu dan Sn, masih terdapat elemen aluminium (Al) sampai 9,8%, dimana dalam produksi kadar aluminium antara 5-11%.

2. Logam Aluminium dan Paduannya

Karena teknologi untuk memurnikan bijih aluminium (dari oksidasinya) baru saja diketemukan, maka logam aluminium merupakan logam yang relatif baru. Pada saat ini penggunaan logam aluminium sudah sangat meluas bahkan rasanya sulit melukiskan bagaimana perkembangan industri penerbangan tanpa adanya aluminium. Elemen aluminium cukup tersedia di bumi, dan terdapat di alam berupa senyawa oksida aluminium, dalam ikatan yang sangat stabil sehingga oksida aluminium tidak dapat diproses reduksi dengan cara seperti mereduksi logam-logam lain. Proses reduksi elemen aluminium dari ikatan oksidasinya hanya dapat dilakukan dengan cara elektrolisis.

Logam aluminium mempunyai beberapa sifat yang penting sehingga dipilih dalam kelompok logam konstruksi, antara lain adalah sifat ringan tahan korosi, penghantaran listrik dan panas yang sangat baik. Karena berat jenisnya ringan (2,8 gr/cm³) walaupun

kekuatannya termasuk rendah tetapi strength to weight ratio-nya masih lebih tinggi daripada logam baja, oleh karena itu dipilih untuk suatu konstruksi yang memerlukan persyaratan harus ringan misalnya alat-alat transportasi, pesawat terbang dan sebagainya. Sifat tahan korosi pada aluminium diperoleh karena terbentuknya lapisan oksida aluminium pada permukaan aluminium, dimana lapisan oksida ini melekat pada permukaan dengan kuat dan rapat serta sangat stabil (tidak bereaksi dengan kondisi lingkungannya misalnya asam/basa) sehingga melindungi bagian dalam. Tetapi, oksida aluminium (Al₂O₃) ini juga disamping menyebabkan tahan korosi menyebabkan logam aluminium menjadi sukar dilas (welding) dan disolder.

Logam aluminium mempunyai titik leleh pada 660,2°C tetapi titik lebur (boiling point) mencapai 2060°C. Logam aluminium diperdagangkan (komersial) selalu mengandung beberapa impurities element (s/d 0,8%) biasanya elemen ferro silikon dan tembaga. Adanya unsur-unsur (elemen) impurities ini menurunkan sifat penghantaran listrik dan ketahanan korosi (tetapi tidak begitu besar), tetapi sebaliknya akan menaikkan sifat kekuatannya (mekanis) hampir dua kali lipat daripada aluminium murni.

Kejelekan logam aluminium yang paling serius dilihat dari segi teknik adalah sifat elastisitasnya sangat rendah, hampir tidak dapat diperbaiki dengan cara memadukan elemen-elemen lain ataupun proses pengolahannya (fabrikasi produksi).

Sifat lainnya yang menguntungkan dari aluminium adalah sangat mudah di fabrikasi, dapat dituangkan dengan cara penuangan apapun, dapat dibentuk (shaping/forming) dengan berbagai cara misalnya rolling, stamping, forging, drawing, extruding dan lain-lainnya untuk dijadikan bentuk yang cukup rumit. Beberapa jenis logam aluminium dan paduannya yang penting, antara lain :

- a. Duralumin (logam dural) paduan Al dengan 4% Cu ditambah sedikit Si, Fe dan magnesium (Mg). Logam dural (Al - Cu).
 - Cu 4,5% dan Mg 1,5% logam Mg akan memperkuat paduan Al-Cu tetapi menyebabkan lebih sulit dibentuk.

Contoh pemakaian antara lain : paku keling, mur/baut, bagian-bagian dari pesawat terbang, velg roda mobil. Logam dural (Al-Cu) ditambah dengan 2% nikel dipakai untuk komponen yang bekerja pada temperatur tinggi, misalnya : piston, cylinder head motor bakar.

- b. Aluminium-manganese alloy, ditambahkan elemen Mn 1,2% akan menyebabkan logam paduan Al sangat mudah dibentuk, baik tahan korosi dan weldability (sifat mampu las) cukup baik. Contoh penggunaannya untuk alat dapur, alat pengolah makanan dan penyimpanan makanan, bahan-bahan kimia, pipa, tangki minyak dan tangki bensin dan lain-lainnya.
- c. Aluminium-silikon alloy, mengandung elemen Si 12,5% menyebabkan logam mudah, ditempa dan memiliki koefisien pemuaian yang sangat rendah, bila prosesnya dengan ditempa contoh pemakaian piston (yang dibuat dengan tempa).

Apabila prosesnya dengan tuang, dapat dibuat untuk membuat benda tuangan yang rumit konfigurasinya, alat pengolah makanan, karena

logam alloy ini sangat mudah dituang (castability) dan tahan korosi sangat baik (bahkan elemen Si dipadukan sampai jumlah 12%).

Aluminium-magnesium alloy, elemen alloy Mg (magnesium) dapat ditambahkan < 5%, bervariasi disesuaikan dengan tujuan sifat-sifat mekanisnya. Dengan penambahan 1,2% Mg dipakai untuk pipa saluran minyak dan gas pada kendaraan bermotor; penambahan 2,5% Mg untuk saluran minyak dan bahan bakar pesawat terbang (air craft). Pada penambahan 3,8% Mg untuk bahan baku komponen alat pengolah makanan, industri kimia, sepatu rem (brake shoes) dan lain-lainnya. Dengan penambahan Mg yang lebih besar s/d 8% Mg adalah satu-satunya logam aluminium-magnesium alloy yang mempunyai sifat mekanis yang paling baik diantara paduan Al-Mg yang lain, banyak dipakai untuk komponen-komponen industri penerbangan (air craft construction).

Khusus perihal logam Mg, terdapat dalam alam dalam bentuk Mg-Carbonat bersama batuan-batuan lime stone (CaCO_3). Disamping itu, Mg terdapat didalam air laut berupa garam-garam Mg, tetapi terdapat sangat sedikit. Pada proses penguapan 800 ton air laut akan didapatkan kurang lebih 1 (satu) ton logam Magnesium. Mg dibuat sebagai engineering material di USA oleh DOW CHEMICAL Company pada tahun 1918 dengan produk 24 ton (th. 1921) dan 290 ton (th. 1931) dan seterusnya. Bahkan dengan majunya dan diketemukannya Mg penting untuk industri penerbangan maka sejak tahun 1939 di USA permintaan logam Mg terus naik, sehingga sampai dengan tahun 1944 diperlukan logam Mg rata-rata 246.000 ton/tahun.

Cara produksi logam Mg dengan cara elektrolisis air laut ($MgCl_2$). Elemen Mg mempunyai temperatur leleh (melting point) 650^0 C , titik lebur (boiling point) 1110^0 C dengan berat jenis 1,74.

Dalam fabrikasinya logam paduan magnesium dapat dibuat pelat tebal sampai 1/2" untuk bahan nose dome (lengkung besar hidung pesawat terbang) dan propeller pesawat terbang).

3. **Logam Seng (Zinc) dan Paduannya**

Logam seng (Zn) adalah logam berwarna putih kebiruan kekuatannya rendah, temperatur leleh (melting point) $419,46^0\text{ C}$ dan 1,2 temperatur lebur (boiling point) hanya 906^0 C , dengan berat jenis 7,133 gr/cm³. Dengan sedikit kenaikan temperatur sifat kekuatan (mekanis) logam seng berkurang demikian juga dengan sifat uletnya (toughness). Bahkan pada temperatur rendah logam seng menjadi getas. Oleh karena itu suatu komponen yang harus bekerja pada temperatur tinggi atau temperatur rendah sebaiknya tidak dibuat dari bahan logam seng. Disamping itu logam seng mempunyai kecenderungan besar untuk mengalami creep, bahkan pada temperatur kamar, oleh karena itu benda yang terbuat dari seng jangan diberi beban berat, karena mudah terjadi creep dan akhirnya putus, walaupun beban itu masih jauh di bawah kekuatannya. Karena posisi logam seng dalam deret volta mempunyai valensi potensial listrik yang lebih rendah dari logam ferro maka logam seng dipakai untuk pelapisan baja untuk pencegahan korosi. Logam seng lebih anodik daripada logam ferro, sehingga dalam suasana yang korosif logam seng akan termakan lebih dahulu sedang logam ferro akan terlindung dari korosi selama logam seng masih belum habis "dimakan"

korosi. Teknik pelapisan ini disebut : galvanizing dengan proses heat treatment cara electrogalvanizing.

Pemakaian logam seng dalam teknik hampir 40% untuk pelapisan (galvanizing) pada baja, 25% untuk logam paduan dengan logam tembaga dihasilkan logam brass (kuningan). Untuk bahan paduan logam Cu menjadi kuningan maka tingkat kemurnian seng sangat menentukan, agar logam brass mudah dikerjakan dalam keadaan panas (hot work).

4. **Logam Nikel dan Paduannya**

Logam nikel adalah suatu logam yang berwarna putih perak, mempunyai berat jenis 8,90 dengan titik leleh 1455^0 C dan titik lebur (boiling point) 2730^0 C , termasuk nilai ekonomisnya mahal kira-kira 3 kali lipat nilai ekonomis (harga) logam tembaga.

Memiliki sifat fisis-mekanis yang baik sekali, yaitu tahan korosi, tahan oksidasi, tahan pada temperatur tinggi, dapat membentuk larutan padat yang ulet, kuat dan tahan korosi dengan banyak logam-logam lainnya.

Hampir 60% logam nikel digunakan sebagai element paduan pada logam ferro sebagai baja tahan karat (stainless steel) dan baja paduan lainnya. Penambahan logam nikel ke dalam baja pada umumnya dimasukkan untuk memperbaiki kekuatan (tanpa mengurangi keuletan), memperbaiki sifat tahan korosi, tahan panas dan menaikkan *hardenability*.

Dengan tujuan memberikan sifat tahan korosi dan menambah warna yang menarik, logam nikel dipakai untuk pelapisan pada logam lain. Pada logam paduan nikel dengan logam nikel sebagai element

utamanya (nickel base) banyak sekali dipakai sebagai logam monel, Nichrome, dan juga sebagai element paduan yang memberikan andil yang besar untuk membuat logam-logam paduan tahan temperatur tinggi. Contoh paduan nickel yang banyak dipakai, yaitu :

1. Monel, adalah paduan nickel (Ni = 67%) dengan logam tembaga (Cu = 28%) dan element logam lain ferro, Mn, dan Si. Penggunaan logam monel banyak untuk industri kimia, bahan makanan dikarenakan sifat tahan korosinya yang sangat baik di samping sifat kekuatan dan keuletannya dan tahan temperatur tinggi. Logam monel dapat bertahan sifat fisis dan mekanisnya sampai temperatur kerja 750°C.
2. Paduan Nickel-Chrow-Ferro (Nichrom) banyak digunakan untuk tahanan listrik, pada alat pemanas listrik hal ini karena sifat tahan oksidasi dan kuat pada temperatur tinggi.
3. Paduan Hastelloy, adalah paduan nickel dengan berbagai logam lain, seperti komposisi : Ni-Cr-Mo-Fe (Hastelloy C dan X). Paduan hastelloy ini dikenal tahan korosi terhadap beberapa asam kuat . HCl, H₂ SO₄ , H₂ P0₄.

Karena sifat-sifat yang demikian ini hastelloy dipakai untuk komponen pompa dan katup, nozzle, asam kuat dan tahan temperatur tinggi.

5. **Logam Babbit (Babbit Metal)**

Logam Babbit adalah logam paduan empat element logam (quarternary alloy atau ternary alloys) dari element-element Timah putih (Tin, Sn), Timah hitam (lead, Pb), Antimony (Stibium, Sb), dan Tembaga (Copper, Cu), Logam paduan ini ditemukan oleh **ISAAC BABBIT** di USA (pada tahun 1839). Logam Babbit dipakai untuk bahan bearing (bearing metal). Bearing (bantalan) adalah bagian mesin yang berfungsi

meneruskan/memindahkan beban antara dua permukaan yang saling bergesekan. Sedangkan bantalan (bearing), yaitu bantalan luncur (*sliding contact bearing*) dan bantalan gelinding (*rolling contact bearing*). Pada umumnya logam babbit dipakai untuk bantalan luncur.

Syarat untuk bahan bantalan luncur antara lain adalah logam memiliki koefisien gesek rendah (terutama bantalan kering tanpa pelumas), tahan aus, angka kekerasan cukup rendah, memiliki angka konduktivitas panas yang tinggi (agar mengalirkan panas yang terjadi karena kontak). Contoh komposisi element babbit metal sebagai berikut : Sn (83,3%) sebagai logam utama, Cu (8%), Sb (8,3%) dan Pb (0%) berarti ternary alloy Babbit.

Contoh lain yang quarternary Babbit alloy adalah Cu (2Q, Sn (65%) sebagai logam utama, Sb (15%) dan Lead/Pb (18%).

BAB V

PROSES PEMBUATAN BAJA DAN PADUANNYA

A. PENDAHULUAN

Baja dapat didefinisikan suatu campuran dari besi dan karbon, di mana unsur karbon (C) menjadi dasar campurannya. Disamping itu, mengandung unsur campuran lainnya seperti sulfur (S), fosfor (P), silikon (Si), dan mangan (Mn) yang jumlahnya dibatasi.

Kandungan karbon di dalam baja sekitar 0,1 – 1,7 %, sedangkan unsur lainnya dibatasi persentasenya. Unsur paduan yang bercampur di dalam lapisan baja, untuk membuat baja bereaksi terhadap pengerjaan panas atau menghasilkan sifat – sifat yang khusus.

1. Unsur Campuran Dasar (Karbon)

Unsur karbon adalah unsur campuran yang amat penting dalam pembentukan baja, jumlah persentase dan bentuknya membawa pengaruh yang amat besar terhadap sifatnya. Tujuan utama penambahan unsur campuran lain ke dalam baja adalah untuk mengubah pengaruh dari unsur karbon. Apabila dibandingkan dengan kandungan karbonnya maka dibutuhkan sejumlah besar unsur campuran lain untuk menghasilkan sifat yang dikehendaki pada baja. Unsur karbon dapat bercampur dalam besi dan baja setelah diinginkan secara perlahan – lahan pada temperatur kamar dalam bentuk sebagai berikut :

- a. Larut dalam besi untuk membentuk larutan padat ferit yang mengandung karbon di atas 0,006 % pada temperatur kamar. Unsur karbon akan naik lagi sampai 0,03 % pada temperatur sekitar 725⁰ C. ferit bersifat lunak, tidak kuat, dan kenyal.

- b. Sebagai campuran kimia dalam besi, campuran ini disebut sementit (Fe_3C) yang mengandung 6,67 % karbon. Sementit bersifat keras dan rapuh.

Sementit dapat larut dalam besi berupa sementit yang bebas atau tersusun dari lapisan – lapisan dengan ferit yang menghasilkan struktur “Perlit”, dinamakan perlit karena ketika di “etsa” atau dites dengan jalan goresan dan dilihat dengan mata secara bebas, perlit kelihatannya seperti karang mutiara. Perlit adalah gabungan sifat yang baik dari ferit dan sementit.

Apabila baja dipanaskan kemudian didinginkan secara cepat maka keseimbangannya akan rusak dan unsur karbon akan larut dalam bentuk yang lain. Itulah sifat yang dihasilkan dengan bermacam – macam pemanasan dan periode pendinginan baja. Sifat dan mikrostruktur itu yang ada dalam baja sebelum pengerjaan panas (heat treatment) dilakukan. Untuk lebih jelasnya, perhatikan gambar 8 !

2. Unsur – unsur Campuran Lainnya

Di samping itu unsur karbon sebagai campuran dasar dalam besi, juga terdapat unsur – unsur campuran lainnya yang jumlah persentasenya dikontrol. Unsur – unsur itu yaitu fosfor (P), sulfur (S), silikon (Si), dan mangan (Mn). Pengaruh unsur tersebut pada baja adalah sebagai berikut :

a. Unsur Fosfor

Unsur fosfor membentuk larutan besi fosfida. Baja yang mempunyai titik cair rendah juga tetap menghasilkan sifat yang keras dan rapuh. Fosfor dianggap sebagai unsur yang tidak murni dan jumlah kehadirannya di dalam baja dikontrol dengan cepat sehingga persentase

maksimum unsur fosfor di dalam baja sekitar 0,05 %. Kualitas bijih besi tergantung dari kandungan fosfornya.

b. Unsur Sulfur

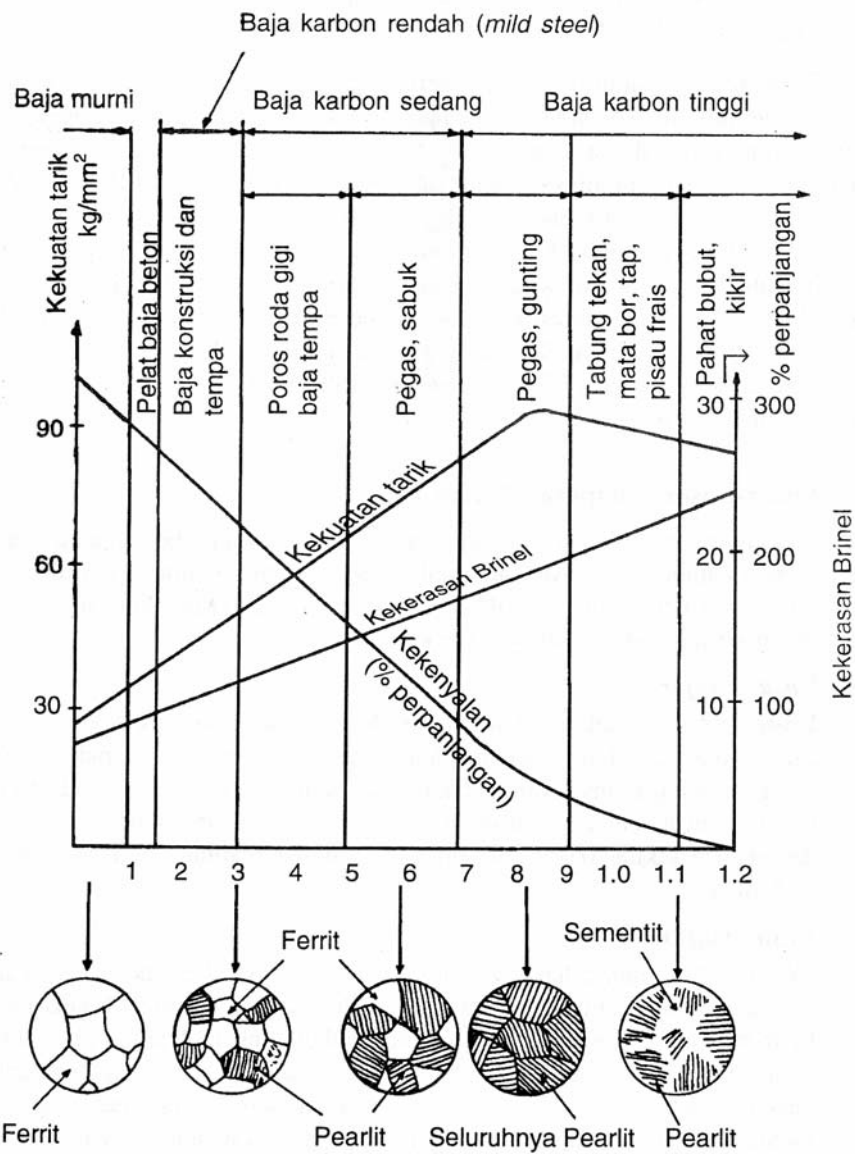
Unsur sulfur membahayakan larutan besi sulfida (besi belerang) yang mempunyai titik cair rendah dan rapuh. Besi sulfida terkumpul pada batas butir – butirnya yang membuat baja hanya didinginkan secara singkat (tidak sesuai untuk pengerjaan dingin) karena kerapuhannya. Hal itu juga membuat baja dipanaskan secara singkat (tidak sesuai untuk pengerjaan panas) karena menjadi cair pada temperatur pengerjaan panas dan juga menyebabkan baja menjadi retak – retak. Kandungan sulfur harus dijaga serendah mungkin di bawah 0,05 %.

c. Unsur Silikon

Silikon membuat baja tidak stabil, tetapi ini tetap menghasilkan lapisan grafit (pemecahan sementit yang menghasilkan grafit) dan menyebabkan baja tidak kuat. Baja mengandung silikon sekitar) 0,1-0,3%

d. Unsur Mangan

Unsur mangan yang bercampur dengan sulfur akan membentuk mangan sulfida dan diikuti dengan pembentukan besi sulfida. Mangan sulfida tidak membahayakan baja dan mengimbangi sifat jelek dari sulfur. Kandungan mangan di dalam baja harus dikontrol untuk menjaga ketidakseimbangan sifatnya dari sekumpulan baja yang lain. Baja karbon mengandung mangan lebih dari 1 %.



GAMBAR 8 STRUKTUR DAN SIFAT-SIFAT BAJA KARBON SEBELUM PENERASAN

B. PROSES DASAR DALAM PEMBUATAN BAJA

Proses pembuatan baja dapat dilakukan berdasarkan proses asam dan basa yang berhubungan dengan sifat kimia yang menghasilkan terak dari lapisan dapur.

Proses asam digunakan untuk memurnikan besi kasar yang persentasenya rendah dalam fosfor dan sulfur. Besi kasar dihasilkan dari bijih besi yang kaya silikon yang akan menghasilkan terak asam. Lapisan dapur dibangun dari mencegah reaksi antara unsur fosfor dengan lapisan dapur.

Proses basa digunakan untuk memurnikan besi kasar yang kaya fosfor. Unsur itu hanya dapat dikeluarkan apabila digunakan sejumlah besar dari batu kapur selama berlangsung proses pemurnian, sehingga akan menghasilkan terak. Lapisan dapur harus terbuat dari batu kapur untuk mencegah reaksi antara lapisan dapur dengan unsur silikon.

1. Perkembangan Proses Pembuatan Baja

Pembuatan baja telah dilakukan di Asia sekitar awal abad ke-14 yang berdasarkan penyerapan karbon sewaktu besi dipanaskan dalam atmosfer yang kaya dengan karbon. Dalam proses ini besi tempa dibungkus atau dikelilingi dengan serbuk arang kayu di dalam tromol. Kemudian tromol ditutup dan dipanaskan beberapa hari sehingga karbon diserap oleh besi dan membentuk sementit pada permukaan besi tempa. Proses seperti itu disebut proses segmentasi.

Setelah proses segmentasi selesai maka batangan besi dipanaskan kembali dan ditempa yang membuat pendistribusian karbon ke arah melintang, tetapi biasanya pendistribusian yang baik tidak pernah diperoleh. Proses itu telah berhasil membuat peralatan kecil seperti mata

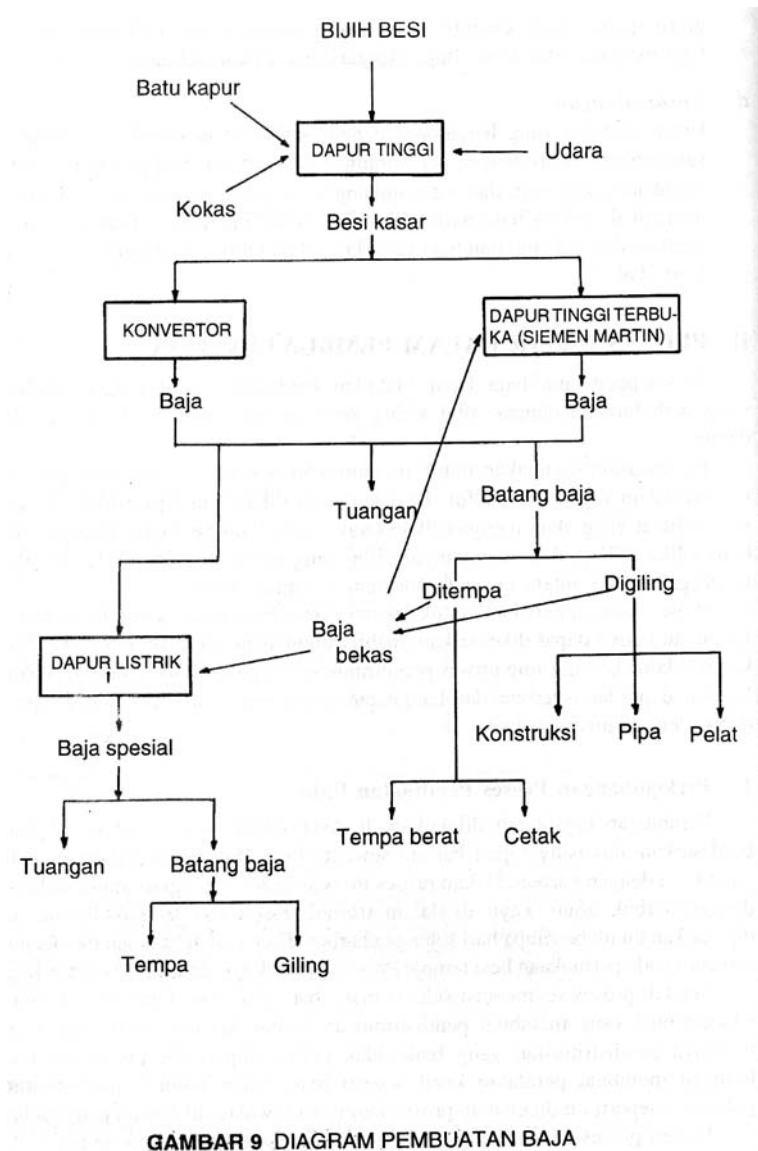
pahat potong, dan sekarang pekerjaan seperti itu digunakan proses karburasi sewaktu dilakukan penyepuhan.

Dalam proses cawan yang merupakan salah satu proses pencampuran dan proses yang sebenarnya dalam pengerjaan besi tempa adalah proses segmentasi. Unsur – unsur campuran yang telah cair di dalam dapur cawan yang berkapasitas 20 kg dituangkan ke dalam cetakan setelah terak dikeluarkan terlebih dahulu. Proses ini menghasilkan baja yang berkulitas baik tetapi tingkat produksinya rendah. Untuk lebih jelasnya, perhatikan gambar 9 !

Baja dapat dihasilkan dengan menyemburkan udara melalui besi kasar cair di dalam dapur yang disebut “konvertor”, sehingga unsur – unsur yang tidak murni akan dikeluarkan dengan jalan oksidasi. Pada waktu itu cara pembuatan jalan kereta api dan pembuatan peralatan hamper sama pentingnya. Karena sejak udara dimasukkan atau diembuskan, kotoran – kotoran di dalam baja akan berkurang.

Proses Bessemer mengolah baja dengan menggunakan besi kasar berkualitas baik yang mengandung fosfor rendah. Bila fosfornya tinggi baja yang dihasilkan berkualitas rendah, sebab dalam proses pengolahan tidak seluruh fosfor dapat dikeluarkan.

Masalah pengeluaran unsur fosfor telah dapat dipecahkan pada proses dapur Thomas, dengan menggunakan batu kapur pada lapisan dasar dapur. Sehingga sampai saat ini proses Thomas digunakan untuk memproses besi kasar dapat kaya dengan fosfor.



2. Proses Pembuatan Baja Secara Modern

Dewasa ini telah digunakan beberapa cara modern dalam pembuatan baja. Ada tiga proses dalam pembuatan baja secara modern, yaitu :

a. Proses Menggunakan Konvertor

konverter terbuat dari baja dengan mulut terbuka (untuk memasukkan bahan baku dan mengeluarkan cairan logam) serta dilapisi batu tahan api. Konverter diikatkan pada suatu tap yang dapat berputar sehingga konverter dapat digerakkan pada posisi horizontal untuk memasukkan dan mengeluarkan bahan yang diproses dan pada posisi vertical untuk pengembusan selama proses berlangsung. Konverter ini dilengkapi dengan pipa yang berlubang kecil (diameternya sekitar 15 – 17 mm) dalam jumlah yang banyak (sekitar 120- 150 buah pipa) yang terletak pada bagian bawah konverter.

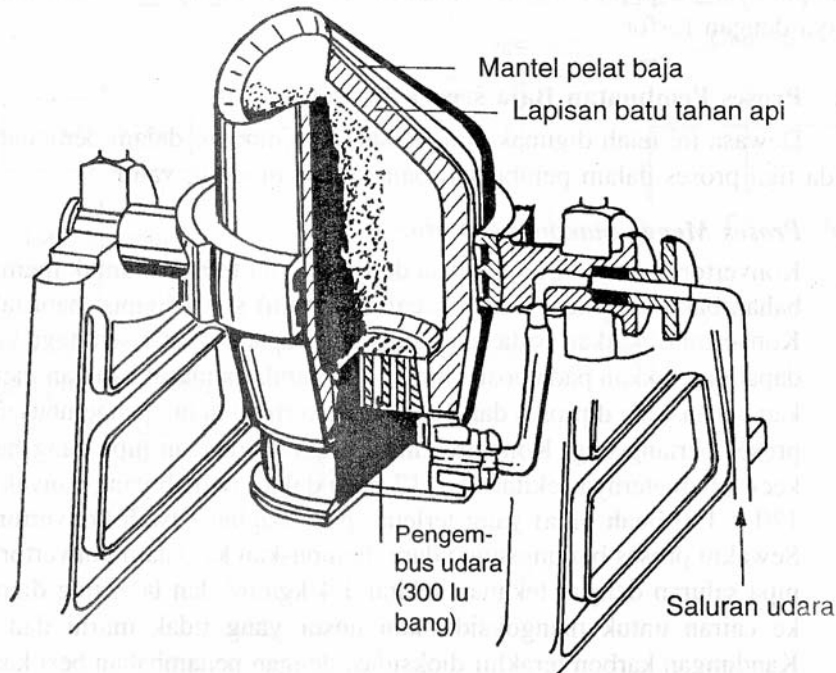
Sewaktu proses berlangsung udara diembuskan ke dalam konverter melalui pipa saluran dengan tekanan sekitar $1,4 \text{ kg/cm}^3$ dan langsung diembuskan ke cairan untuk mengoksidasikan unsur yang tidak murni dan karbon. Kandungan karbon terakhir dioksidasi dengan penambahan besi kasar yang kaya akan mangan, seterusnya baja cair dituangkan ke dalam panci – panci dan dipadatkan menjadi batang – batang cetakan.

Kapasitas konverter sekitar 25 – 60 ton dan setiap proses memerlukan waktu 25 menit. Proses pembuatan baja yang menggunakan konverter adalah sebagai berikut :

1) Proses Bessemer

Proses Bessemer adalah suatu proses pembuatan baja yang dilakukan di dalam konverter yang mempunyai lapisan batu tahan api

dari kuarsa asam atau oksida asam (SiO_2), sehingga proses ini disebut "Proses Asam". Besi kasar yang diolah dalam konverter ini adalah besi kasar kelabu yang kaya akan unsur silikon dan rendah fosfor (kandungan fosfor maksimal adalah 0,1%). Besi kasar yang mengandung fosfor rendah diambil karena unsur fosfor tidak dapat direduksi dari dalam besi kasar apabila tidak diikat dengan batu kapur. Di samping itu, fosfor dapat bereaksi dengan lapisan dapur yang terbuat dari kuarsa asam, reaksi ini membahayakan atau menghabiskan lapisan konverter. Oleh karena itu, sangat menguntungkan apabila besi kasar yang diolah dalam proses ini adalah besi kasar kelabu yang mengandung silikon sekitar 1,5% - 2%.



GAMBAR 10 KONVERTOR BESSEMER

Dalam proses ini bahan baku dimasukkan dan dikeluarkan sewaktu konverter dalam posisi horizontal (kemiringannya sekitar 30°). Sementara itu, udara diembuskan dalam posisi vertikal atau disebut juga kedudukan proses.

Dalam konverter, yang pertama terjadi adalah proses oksidasi unsur silikon yang menghasilkan oksida silikon. Kemudian diikuti oleh proses oksidasi unsur fosfor dan mangan yang menghasilkan oksida fosfor dan oksida mangan, ditandai dengan adanya bunga api yang berwarna kehijau-hijauan.

Proses oksidasi yang terakhir adalah mengoksidasi karbon. Proses ini berlangsung disertai dengan suara gemuruh dan nyala api berwarna putih dengan panjang sekitar 2 meter, kemudian nyala api mengecil. Sebelum nyala api padam, ditambahkan besi kasar yang banyak mengandung mangan, kemudian baja cair dituangkan ke dalam panci-panci tuangan dan dipadatkan dalam bentuk batang-batang baja.

2) Proses Thomas

Proses Thomas adalah suatu proses pembuatan baja yang dilakukan di dalam konverter yang bagian dalamnya dilapisi dengan batu tahan api dari bahan karbonat kalsium dan magnesium karbonat ($\text{CaCO}_3 + \text{MgCO}_3$) yang disebut "dolomit". Proses ini disebut juga proses basa karena lapisan konverter terbuat dari dolomit dan hanya mengolah besi kasar putih yang kaya dengan fosfor (sekitar 1,7 - 2%) dan mengandung unsur silikon rendah (sekitar 0,6 - 0,8%). Proses ini makin baik hasilnya apabila besi kasar yang diolah mengandung unsur silikon yang sangat rendah.

Dalam proses ini udara diembuskan ke cairan besi kasar di dalam konverter melalui pipa saluran udara, sehingga terjadi proses oksidasi di dalam cairan terhadap unsur-unsur campuran. Pertama kali unsur yang dioksidasi adalah silikon (Si), kemudian mangan (Mn), dan fosfor (P). Oksidasi unsur fosfor terjadi cepat sekali, sekitar 3 - 5 menit dan proses oksidasi yang terakhir adalah unsur karbon disertai suara gemuruh dan nyala api yang tinggi. Apabila nyala api sudah mengecil dan kemudian padam berarti proses oksidasi telah selesai.

Proses oksidasi yang terjadi pada unsur-unsur di dalam besi kasar menghasilkan oksida yang akan dijadikan terak dengan jalan menambahkan batu kapur ke dalam konverter. Selanjutnya terak cair dikeluarkan dari dalam konverter, diikuti dengan penuangan baja cair ke dalam panci-panci tuangan kemudian dipadatkan menjadi batangan baja.

3) Proses Siemens Martin

Proses tungku terbuka disebut juga proses Siemens Martin, yang disesuaikan dengan nama ahli penemu proses tersebut. Proses ini digunakan untuk menhasilkan baja yang mengandung karbon sedang dan rendah dengan cara proses asam atau basa, sesuai dengan sifat lapisan dapurnya. Untuk lebih jelasnya, perhatikan Gambar 11! Proses ini berlangsung di dalam dapur tungku terbuka atau dapur Siemens Martin yang mempunyai kapasitas 150 - 300 ton, bahan bakarnya gas yang dihasilkan dengan pembakaran kokas di atas tungku atau bahan bakar minyak. Dapur ini menggunakan prinsip regenerator (hubungan balik) dan tungku pemanas dapat mencapai temperatur sekitar $900 - 1.200^{\circ}\text{C}$, tungku pemanas ini bisa mencapai temperatur tinggi apabila diperlukan, dan pada waktu yang sama menghemat bahan bakar. Dalam proses ini

dapur diisi dengan besi kasar dan baja bekas, kemudian dicairkan sehingga beberapa unsur campuran terbentuk menjadi terak di atas permukaan cairan besi, tambahkan bijih besi atau serbuk besi yang berguna untuk mereduksi karbon, maka lubang pengeluaran dapur dibuka dan cairan dituangkan ke dalam panci-panci tuangan. Baja cair meninggalkan dapur sebelum terak cair dan beberapa terak dapat dicegah meninggalkan dapur sampai seluruh baja cair dikeluarkan, kemungkinan terak ikut tertuang ke dalam panci yang akan mengapung di atas baja cair sehingga perlu dikeluarkan dan dituangkan ke dalam panci yang berukuran kecil.

Baja cair yang telah penuh di dalam panci dituangkan ke dalam cetakan melalui bagian bawah cetakan, sehingga terak tetap di dalam panci dan terakhir dikeluarkan. Selain itu, dapat pula dipisahkan dengan cara menuangnya ke dalam cetakan yang lebih kecil. Setiap melakukan proses pemurnian besi kasar dan bahan tambahan lainnya berlangsung selama 12 jam, kemudian diambil sejumlah baja cair sebagai contoh untuk dianalisis komposisinya. Sementara itu, terak yang dihasilkan dari proses basa digunakan sebagai pupuk buatan.

b. Proses Dapur Listrik

Baja yang berkualitas tinggi dihasilkan apabila, dilakukan pengontrolan temperatur peleburan dan memperkecil unsur-unsur campuran di dalam baja yang dilakukan selama proses pemurnian. Proses pengolahan seperti ini, dilakukan dengan menggunakan dapur listrik. Pada awal pemurnian baja menggunakan dapur tungku terbuka atau konverter, selanjutnya dilakukan di dalam dapur listrik sehingga

diperoleh baja yang berkualitas tinggi. Dapur listrik terdiri dari dua jenis, yaitu dapur listrik busur nyala dan dapur induksi frekuensi tinggi.

1) Dapur listrik busur nyala

Dapur ini mempunyai kapasitas 25 - 100 ton dan dilengkapi dengan tiga buah elektroda karbon yang dipasang pada bagian atas atau atap dapur, disetel secara otomatis untuk menghasilkan busur nyala yang secara langsung memanaskan dan mencairkan logam. Perhatikan Gambar 12!

Dapur ini dapat mengolah logam dengan proses asam atau basa sesuai dengan lapisan batu tahan apinya dan bahan yang dimasukkan ke dalam dapur (besi kasar), termasuk logam bekas (baja atau besi) yang terlebih dahulu diketahui komposisinya. Apabila dilakukan proses basa maka terjadi oksidasi terak dari batu kapur atau bubuk kapur untuk mereduksi unsur-unsur-campuran. Selanjutnya diperoleh pemisahan terak (mengandung batu kapur) dari baja cair. Juga dapat ditambahkan dengan logam campur sebelum cairan dikeluarkan dari dalam dapur untuk mencegah oksidasi.

2) Dapur induksi frekuensi tinggi

Dapur ini terdiri dari kumpulan yang dililiti kawat mengelilingi cawan batu tahan api, ketika tenaga yang dialirkan dari listrik, akan menhasilkan arus listrik yang bersirkulasi di dalam logam yang menyebabkan terjadinya pencairan. Apabila bahan logam telah cair - maka arus listrik membuat gerak mengaduk (berputar). Kapasitas dari dapur jenis ini adalah 350 kg - 6 ton pada umumnya dapur ini digunakan untuk memproduksi baja paduan yang khusus. Perhatikan Gambar 13!

3 Jenis Baja Karbon

Baja karbon dapat diklasifikasikan berdasarkan jumlah kandungan karbonnya. karbon terdiri atas tiga macam, yaitu baja karbon rendah, sedang, dan tinggi.

a. Baja Karbon Rendah

Baja ini disebut baja ringan (mild steel) atau baja perkakas, baja karbon rendah bukan baja yang keras, karena kandungan karbonnya rendah kurang dari 0,3%.

Baja ini dapat dijadikan mur, baut, ulir sekrup, peralatan senjata, alat pengangkat presisi, batang tarik, perkakas silinder, dan penggunaan yang hampir sama.

Penggilingan dan penyesuaian ukuran baja dapat dilakukan dalam keadaan panas. Hal itu dapat ditandai dengan melihat lapisan oksida besinya di bagian permukaan yang berwarna hitam.

Baja juga dapat diselesaikan dengan pengerjaan dingin dengan cara merendam atau mencelupkan baja ke dalam larutan asam yang berguna untuk mengeluarkan lapisan oksidanya. Setelah itu, baja diangkat dan digilng sampai ukuran yang dikehendaki, selanjutnya didinginkan. Proses ini menghasilkan baja yang lebih licin, sehingga lebih baik sifatnya dan bagus untuk dibuat mesin perkakas.

b. Baja Karbon Sedang

Baja karbon sedang mengandung karbon 0,3 - 0,6% dan kandungan karbonnya memungkinkan baja untuk dikeraskan sebagian dengan pengerjaan panas (heat treatment) yang sesuai. Proses pengerjaan panas menaikkan kekuatan baja dengan cara digiling. Baja karbon sedang digunakan untuk sejumlah peralatan mesin seperti roda gigi

otomotif, poros bubungan, poros engkol, sekrup sungkup, dan alat angkat presisi.

c. *Baja Karbon Tinggi*

Baja karbon tinggi yang mengandung karbon 0,6 - 1,5%, dibuat dengan cara digiling panas. Pembentukan baja ini dilakukan dengan cara menggerinda permukaannya, misalnya batang bor dan batang datar. Apabila baja ini digunakan untuk bahan produksi maka harus dikerjakan dalam keadaan panas dan digunakan untuk peralatan mesin-mesin berat, batang-batang pengontrol, alat-alat tangan seperti palu, obeng, tang. dan kunci mur, baja pelat, pegas kumparan, dan sejumlah peralatan pertanian.

4. *Baja Paduan*

Baja paduan dihasilkan dengan biaya yang lebih mahal dari baja karbon karena bertambahnya biaya untuk penambahan pengerjaan yang khusus yang dilakukan di dalam industri atau pabrik.

Baja paduan dapat didefinisikan sebagai suatu baja yang dicampur dengan satu atau lebih unsur campuran seperti nikel, kromium, molibden, vanadium, mangan, dan wolfram yang berguna untuk memperoleh sifat-sifat baja yang dikehendaki (keras, kuat, dan hat), tetapi unsur karbon tidak dianggap sebagai salah satu unsur campuran.

Suatu kombinasi antara dua atau lebih unsur campuran memberikan sifat khas dibandingkan dengan menggunakan satu unsur campuran, misalnya baja yang dicampur dengan unsur kromium dan nikel akan menghasilkan baja yang mempunyai sifat keras dan kenyal (sifat logam ini membuat baja dapat dibentuk dengan cara dipalu,

ditempa, digiling, dan ditarik tanpa mengalami patah atau retak-retak). Jika baja dicampur dengan kromium dan molibden, akan menghasilkan baja yang mempunyai sifat keras yang baik dan sifat kenyal yang memuaskan serta tahan terhadap panas.

Baja paduan digunakan karena keterbatasan baja karbon sewaktu dibutuhkan sifat-sifat yang spesial daripada baja, keterbatasan daripada baja karbon adalah reaksinya terhadap pengerjaan panas dan kondisinya. Sifat-sifat spesial yang diperoleh dengan pencampuran termasuk sifat kelistrikan, magnetis, koefisien spesifik dari pemuaian panas dan tetap keras pada pemanasan yang berhubungan dengan pemotongan logam.

5. *Pengaruh Unsur Campuran*

Pengaruh unsur campuran sukar diketahui secara tepat untuk setiap satu unsur campuran karena pengaruhnya tergantung pada jumlah yang digunakan, jumlah penggunaan dan unsur-unsur lainnya dan kandungan karbon di dalam baja.

a. *Pengaruh Unsur Campuran terhadap Perlakuan Panas*

Baja karbon mempunyai kecepatan pendinginan kritis yang tinggi, maksudnya pendinginan harus secara drastis jika ingin menghasilkan struktur lapisan martensit. Pendinginan yang drastis menyebabkan terjadinya distorsi atau pecah-pecah pada baja, apabila dikurangi kecepatan pendinginan kritis dengan membuat austenit berubah maka struktur martensit dapat dihasilkan dengan jalan pendinginan minyak dan apabila kecepatan pendinginan kritis tetap dikurangi maka dapat digunakan pendinginan udara. Pengaruh unsur campuran sewaktu dilakukan pemanasan dan pendinginan adalah :

1) Pengaruh yang menyeluruh

Pengaruh ini berhubungan dengan kecepatan pendinginan kritis dan pengerasan lapisan dalam baja. Pengaruh ini dapat dihasilkan dengan mengubah kecepatan pendinginan kritis menjadi rendah. Potongan yang tipis akan menjadi struktur yang seragam sewaktu dikeraskan. Kecepatan pendinginan kritis dapat dikurangi dengan mencampurkan unsur-unsur kromium, mangan, dan wolfram ke dalam baja.

2) Baja bercampur, unsur nikel

Unsur campuran ini membuat temperatur pemanasan menjadi rendah dan membentuk struktur austenit, juga temperatur pengerasan menjadi rendah (baja harus dipanaskan pada temperatur yang cukup tinggi untuk memperoleh struktur austenit selama dilakukan pengerasan). Apabila baja didinginkan secara bebas maka kecepatan pendinginannya tergantung pada temperatur dan temperatur pengerasan, dihasilkan dengan cara mencampurkan unsur nikel yang berpengaruh dalam kecepatan pendinginan yang rendah.

3) Pembentukan unsur karbid dengan penambahan unsur campuran seperti kromium dan molibdenum akan menghasilkan pengerasan bagian dalam dan pengaruh menyeluruh terhadap baja akan berkurang.

b. Pengaruh Unsur Campuran terhadap Sifat-Sifat Baja

Sifat baja sewaktu digunakan tergantung pada besarnya reaksi terhadap perlakuan panas dan pengaruh yang akan diuraikan, yaitu syarat-syarat yang berhubungan langsung dengan kondisi

pemakaiannya. Pengaruhnya akan diperoleh sebagai hasil dari pengerjaan panas yang sesuai. Adapun pengaruh unsur-unsur campuran terhadap sifat-sifat baja adalah sebagai berikut.

1) Baja karbon mempunyai kekuatan yang terbatas dan tegangan pada baja yang berpenampang besar harus dikurangi, apabila beratnya penting untuk dipertimbangkan maka perlu digunakan baja dengan kekuatan yang tinggi. Kekuatan baja dapat dinaikkan dengan menambahkan unsur campuran seperti nikel dan mangan dalam jumlah yang kecil ke dalam besi dan menguatkannya.

2) Kekenyalan baja dapat diperoleh dengan menambahkan sedikit nikel yang menyebabkan butiran-butirannya menjadi halus.

3) Ketahanan pemakaian baja dapat diperoleh dengan menambahkan unsur penstabil karbid, misalnya kromium dan nikel sehingga terjadi penguraian karbid, apabila penambahan unsur campuran tanpa unsur krom dengan kandungan unsur karbon di bawah 0,4% maka akan terjadi peniadaan karbid. Cara lain untuk menghasilkan ketahanan pakai adalah dengan menambahkan nikel atau mangan agar transformasi temperatur rendah, dan akan menyebabkan pembentukan austenit dengan jalan pendinginan. Baja paduan ini dilakukan pengerjaan pengerasan untuk menaikkan kekerasan dan ketahanan pakainya.

4) Kekerasan dan kekuatan baja karbon akan mulai turun apabila temperaturnya mencapai 250°C. Ketahanan panas dapat diperoleh dengan menaikkan temperatur transformasi dengan

cara menambahkan krom dan wolfram atau dengan merendahkan temperatur transformasi dengan menambahkan nikel yang menghasilkan suatu struktur austenit setelah dilakukan pendinginan. Pertumbuhan butiran berhubungan dengan pemanasan pada temperatur tinggi tetapi dapat diirabangi dengan penambahan unsur nikel. Unsur kromium cenderung menaikkan pertumbuhan butiran dan penambahan nikel akan menyebabkan baja kromium tahan terhadap panas. Baja karbon tidak tahan menerima beban rangkak apabila dipanaskan pada temperatur tinggi, agar dapat memperbaiki ketahanan baja terhadap beban rangkak maka ditambahkan sejumlah kecil molibden.

- 5) Ketahanan baja terhadap karatan diperoleh dengan menambahkan unsur krom sampai 12%, sehingga membentuk lapisan tipis berupa oksida pada permukaan baja untuk mengisolasi antara besi dengan unsur-unsur yang menyebabkan karatan. Baja tahan karat yang paling baik terutama pada temperatur tinggi, diperoleh dengan cara menggunakan nikel dan kromium bersama-sama untuk menghasilkan suatu struktur yang berlapis austenit.

C. Pengerjaan Panas Baja Paduan

Pengerjaan panas baja karbon untuk memperoleh baja paduan yang baik dilakukan dengan cara-cara sebagai berikut.

1. Penyepuhan Baja

Baja karbon yang disepuh menimbulkan butir-butiran sebagai hasil pemanasan yang lama selama proses karburasi. Apabila dalam

pemakaian mendapat tekanan atau beban yang tinggi pada permukaannya maka intinya harus dimurnikan untuk mencegah lapisan pembungkus terkelupas dan memberikan kekuatan yang baik pada penampang melintang.

Penambahan nikel ternyata diperlukan untuk pemurnian dengan cara perlakuan panas dan perubahan bentuk diperkecil, apabila jumlah nikel sedikit lebih tinggi dapat dilakukan pendinginan dengan minyak.

Jika komponen yang tebal harus mempunyai inti yang kekuatannya seragam maka perlu ditambahkan kromium untuk menghilangkan pengaruh yang menyeluruh, tetapi unsur kromium tidak digunakan sendiri harus digunakan bersama nikel untuk mencegah terjadinya pertumbuhan butir-butir baru.

2. Penyepuhan Baja Nikel

Baja nikel yang disepuh mengandung 0,12% C, 3% Ni, dan 0,45% Mn di mana pada baja ini mengandung unsur karbon yang rendah sehingga menyebabkan intinya tidak bereaksi terhadap proses pengerasan yang langsung. Nikel dapat mencegah terjadinya pertumbuhan butir-butir baru selama proses karburasi. Apabila peralatan yang berukuran kecil dibuat dari baja maka proses pemurnian kemungkinan diabaikan dan pendinginan baja dilakukan di dalam air.

Baja nikel yang disepuh mengandung 0,12% C, 5% Ni, dan 0,45% Mn, baja ini hampir sama dengan baja yang disepuh yang mengandung 3% Ni. Kandungan nikel yang sedikit lebih tinggi memungkinkan untuk didinginkan dengan minyak dan membuatnya lebih sesuai untuk dibuat roda gigi dan alat berat.

3. Penyepuhan Baja Kromium

Baja nikel kromium yang disepuh mengandung 0,15% C, 4% Ni, 0,8% Cr, dan 0,4% Mn. Penambahan sejumlah kecil unsur kromium akan menghasilkan kekerasan dan kekuatan yang tinggi sebagai hasil dari pendinginan minyak.

a. Penitritan Baja

Baja yang dinitrit mengandung unsur-unsur campuran akan menghasilkan permukaan yang keras. Kandungan kromium sekitar 3% akan menghasilkan permukaan yang mempunyai kekerasan sekitar 850 HV (kekerasan Vickers).

Baja yang mengandung 1,5% aluminium dan 1,5% kromium akan menaikkan kekerasan permukaannya menjadi sekitar 1.100 HV. Kandungan karbon baja ini tergantung pada sifat inti yang diperlukan, sekitar 0,18 - 0,5% C.

b. Pengerasan Baja Dengan Udara

Apabila unsur kromium cukup dalam baja maka kecepatan pendinginan kritis akan berkurang, sehingga pendinginan dapat dilakukan dalam udara. Jenis baja yang dikeraskan dengan udara adalah yang mengandung 21, kromium dan 0,6% karbon membuat temperatur pengerasan dan kecepatan pendinginan kritis menjadi rendah.

D. JENIS BAJA PADUAN

Berdasarkan unsur – unsur campuran dan sifat-sifat dari baja inaka baja paduan dapat digolongkan menjadi baja dengan kekuatan tarik yang tinggi, tahan pakai, tahan karat, dan baja tahan panas.

1. Baja dengan Kekuatan Tarik yang T46

Baja ini mengandung mangan, nikel, kromiurn dan sering juga mengandung vanadium dan dapat digolongkan sebagai berikut.

a. Baja dengan Mangau Reudalz

Baja ini mengandung 0,35% C dan 1,5% Mn dan baja ini termasuk baja murah tetapi kekuatannya baik. Baja ini dapat didinginkan dengan minyak karena mengandung unsur mangan sehingga temperatur pengerasannya rendah dan menambah kekuatan struktur feritnya.

b. Baja Nikel

Baja ini mengandung 0,3% C, 3% Ni, dan 0,6% Mn serta mempunyai kekuatan dan kekerasan yang baik, dapat didinginkan dengan minyak karena mengandung unsur nikel yang membuat temperatur pengerasannya rendah. Baja ini digunakan untuk poros engkol, batang penggerak dan penggunaan lain yang hampir sama.

c. Baja Nikel Kromium

Baja ini mempunyai sifat yang keras berhubungan dengan campuran unsur kromium dan sifat yang liat berhubungan dengan campuran unsur nikel. Baja yang mengandung 0,3% C, 3% Ni, 0,8% Cr, dan 0,6 Mn dapat didinginkan dengan minyak, hasilnya mempunyai kekuatan dan keliatan yang baik dan baja ini digunakan untuk batang penggerak dan pemakaian yang hampir sama.

Baja yang mengandung 0,3% C, 4,35% Ni, 1,25% Cr, dan 0,5 % Mn (mengandung nikel dan kromium yang tinggi), mempunyai kecepatan pendinginan yang rendah sehingga pendinginan dapat dilakukan dalam embusan udara dan distorsi diperkecil. Apabila unsur krom dicampur sendiri ke dalam baja akan menyebabkan kecepatan

pendinginan kritis yang amat rendah, tetapi bila dicampur bersama nikel akan diperoleh baja yang bersifat liat. Jenis baja tersebut digunakan untuk poros engkol dan batang penggerak. Baja nikel kromium menjadi rapuh apabila ditemper atau disepuh pada temperatur 250 - 400°C, juga kerapuhannya tergantung pada komposisinya, proses ini dikenal dengan nama "menemper kerapuhan" dan baja ini dapat diperiksa dengan penyelidikan pukul takik. Penambahan sekitar 0,3% molibden akan mencegah kerapuhan karena ditemper, juga akan mengurangi pengaruh yang menyeluruh terhadap baja karena molibden adalah unsur berbentuk karbid.

d. Baja Kromium Vanadium

Jika baja ini ditambahkan sekitar 0,5% vanadium sehingga dapat memperbaiki ketahanan baja kromium terhadap guncangan atau getaran dan membuatnya dapat ditempa dan ditumbuk dengan mudah, apabila vanadium menggantikan nikel maka baja lebih cenderung mempengaruhi sifat-sifatnya secara menyeluruh.

2. Baja Tahan Pakai

Berdasarkan unsur-unsur campuran yang larut di dalamnya, baja terdiri dari dua macam, yaitu baja mangan berlapis austenit dan baja kromium.

a. Baja Marcegatz Berlapis Austenit

Baja ini pada dasarnya mengandung 1,2% C, 12,5% Mn, dan 0,75% Si. Selain itu, juga mengandung unsur-unsur berbentuk karbid seperti kromium atau vanadium yang kekuatannya lebih baik. Temperatur transformasi menjadi rendah dengan menambahkan unsur mangan dan baja ini berlapis austenit apabila didinginkan dengan air

pada temperatur 1.050°C. Dalam kondisi ini baja hanya mempunyai kekerasan sekitar 200 HB (kekerasan Brinel), tetapi mempunyai kekenyalan yang sangat baik. Baja ini tidak dapat dikeraskan dengan perlakuan panas, tetapi apabila dikerjakan dingin maka kekerasan permukaannya akan naik menjadi 550 HB tanpa mengalami kerugian terhadap kekenyalan intinya. Baja ini tidak dapat dipanaskan kembali pada temperatur yang lebih tinggi dari 250°C, kecuali kalau setelah dipanaskan baja didinginkan dalam air. Pemanasan baja pada temperatur sedang akan menyebabkan kerapuhan pada pengendapan karbid. Baja mangan berlapis austenit dapat diperoleh dengan jalan dituang, ditempa, dan digiling. Baja ini digunakan secara luas untuk peralatan pemecah batu, ember keruk, lintasan, dan penyeberangan jalan kereta api.

b. Baja Kromium

Jenis ini mengandung 1% C, 1,4% Cr, dan 0,45% Mn. Apabila baja ini mengandung unsur karbon tinggi yang bercampur bersama-sama dengan kromium akan menghasilkan kekerasan yang tinggi sebagai hasil dan pendinginan dengan minyak. Baja ini digunakan untuk peluru-peluru bulat dan peralatan penggiling padi.

3. Baja Tahan Karat

Baja tahan karat (stainless steel) mempunyai seratus lebih jenis yang berbeda-beda. Akan tetapi, seluruh baja itu mempunyai satu sifat karena kandungan kromium yang membuatnya tahan terhadap karat. Baja tahan karat dapat dibagi ke dalam tiga kelompok dasar, yakni baja tahan karat berlapis fierit, berkip" austenit, dan berlapis martensit.

a. Baja Tahan Karat Ferit

Baja ini mengandung unsur karbon yang rendah (sekitar 0,04% C) dan sebagian besar dilarutkan di dalam besi. Sementara itu, unsur lainnya yaitu kromium sekitar 13% - 20% dan tambahan kromium tergantung pada tingkat ketahanan karat yang diperlukan. Baja ini tidak dapat dikeraskan dengan cara disepuh. Baja ini seringkali disebut besi tahan karat dan cocok untuk dipres, ditarik, dan dipuntir. Baja yang mengandung 13% kromium digunakan untuk garpu dan sendok, sedangkan yang mengandung 20% kromium untuk tabung sinar katoda.

b. Baja Tahan Karat Austenit

Baja tahan karat austenit mengandung nikel dan kromium yang amat tinggi, nikel akan membuat temperatur transformasinya rendah, sedangkan kromium akan membuat kecepatan pendinginan kritisnya rendah. Campuran kedua unsur itu menghasilkan struktur lapisan austenit pada temperatur kamar. Baja ini tidak dapat dikeraskan melalui perlakuan panas, tetapi dapat disepuh keras. Pengerjaan dan penyepuhan tersebut membuat baja sukar dikerjakan dengan mesin perkakas. Seperti baja austenit yang lain, baja tahan karat austenit tidak magnetis.

Baja tahan karat yang mengandung 0,15% C, 18% Cr, 8,5% Ni, dan 0,8% Mn sesuai untuk digunakan sebagai alat-alat rumah tangga dan dekoratif. Baja tahan karat yang mengandung 0,05% C, 18,5% Cr, 10% Ni, dan 0,8% Mn, baik untuk dikerjakan dengan cara penarikan dalam karena kandungan karbonnya rendah. Baja tahan karat yang mengandung 0,3% C, 21% Cr, 9% Ni, dan 0,7% Mn sesuai untuk dituang.

Kebanyakan baja tahan karat austenit mengandung sekitar 18 % kromium dan 8 % nikel.. Proporsi unsur kromium dan nikel sedikit

berbeda dengan penambahan dalam proporsi yang kecil dari unsur molybdenum, titanium, dan tembaga untuk menghasilkan sifat-sifat yang special. Baja dalam kelompok ini digunakan apabila diperlukan ketahanannya terhadap panas.

C. Baja Tahan Karat Martensit

Baja tahan karat martensit mengandung sejumlah besar unsur karbon dan dapat dikeraskan melalui perlakuan panas, juga mempengaruhi melalui pengerasan dan penyepuhan. Baja yang mengandung 0,1 %, 13 % Cr, dan 0,5% Mn ini dapat didinginkan untuk memperbaiki kekuatannya, tetapi tidak menambah kekerasan. Baja ini sering kali disebut besi tahan karat dan digunakan khususnya untuk peralatan gas turbin dan pekerjaan dekoratif.

Apabila baja ini digunakan untuk alat-alat pemotong maka terlebih dahulu ditemper atau disepuh pada temperatur sekitar 180⁰C, dan jika digunakan untuk pegas terlebih dahulu ditemper pada temperatur sekitar 450⁰C.

4. Baja Tahan Panas

Problem utama yang berhubungan dengan penggunaan temperatur tinggi adalah kehilangan kekuatan, beban rangkai, serangan oksidasi dan unsur kimia. Kekuatannya pada temperatur tinggi dapat diperbaiki dengan menaikkan temperatur transformasi dan penambahan unsur kromium atau dengan merendahkan temperatur transformasi dan penambahan unsur nikel. Kedua pengerjaan itu akan menghasilkan struktur austenit.

Sejumlah kecil tambahan unsur titanium, aluminium dan molibdenum dengan karbon akan menaikkan kekuatan dan memperbaiki ketahanannya terhadap beban rangkai. Unsur nikel akan membantu penahanan kekuatan pada temperatur tinggi dengan memperlambat atau menahan pertumbuhan butir – butiran yang baru. Ketahanannya terhadap oksidasi dan serangan kimia dapat diperbaiki dengan menambahkan silikon atau kromium.

Baja tahan panas dapat dikelompokkan sebagai berikut :

a. Baja Tahan Panas Ferit

Baja tahan panas ferit mengandung karbon yang rendah dan hampir seluruhnya dilarutkan di dalam besi. Baja ini tidak dapat dikeraskan melalui perlakuan panas.

b. Baja Tahan Panas Austenit

Baja tahan panas austenit mengandung kromium dan nikel yang tinggi struktur austenit tetap terpelihara sewaktu pendinginan, sehingga baja ini tidak dapat dikeraskan melalui perlakuan panas.

c. Baja Tahan Panas Martensit

Baja tahan panas martensit mempunyai kandungan karbon yang tinggi, sehingga dapat dikeraskan melalui perlakuan panas.

5. Baja Paduan Yang Digunakan pada Temperatur Rendah

Komponen dari baja paduan yang digunakan pada temperatur rendah tidak hanya sifat-sifatnya terpelihara sewaktu didinginkan, tetapi juga sifat-sifatnya tidak hilang sewaktu dipanaskan pada temperatur kamar. Baja yang telah diperbaiki kekuatannya hanya sedikit berkurang (reduksi) kekenyalan dan keliatannya sewaktu dites pada temperatur

minus (-) 183°C. Selain itu, perubahan sifat-sifatnya kecil sewaktu dipanaskan pada temperatur kamar yang diikuti dengan pendinginan.

a. Baja Pegas

Pegas kendaraan dibuat dari baja yang mengandung sekitar 0,8% C sesuai dengan sifat-sifatnya yang dibutuhkan dan ditambahkan dengan lebih dari 0,4% Si dan 0,8% Mn. Baja pegas dikeraskan dengan pendinginan air atau minyak sesuai dengan komposisinya. Pegas katup dibuat dari baja yang sama dengan pegas kendaraan juga ditambahkan 1,5% Cr dan 0,17% V ke dalam karbon dan nikel.

b. Baja Katup Mesin (Motor)

Katup yang menerima beban rendah digunakan baja yang mengandung 0,3% C, 3,5% Ni, 0,35% Cr, dan 0,35% Si. Kandungan unsur silikon dan kromium menaikkan beban yang dapat diterima katup sehingga dapat menerima beban yang berat. Katup untuk motor pesawat terbang dibuat dari baja austenit dengan kandungan sekitar 10% Ni dan 12 - 16% Cr. Katup pompa seringkali dibuat berlubang dan mengandung natrium untuk pendinginan.

6. Baja Paduan Martensit Yang Dikeraskan

Cara yang biasa dilakukan untuk menghasilkan baja berkekuatan tinggi adalah dengan cara perlakuan panas yang menjadikan struktur martensit, yang diikuti dengan perlakuan panas lanjutan untuk memodifikasi atau mengubah martensit. Cara tersebut dapat menghasilkan kekuatan yang tinggi, tetapi disertai dengan kerapuhan yang tinggi, disebabkan kandungan unsur karbon. Cara perlakuan panas

biasanya diterima karena sulit menghasilkan paduan yang bebas dari unsur karbin dan oleh karena itu mahal.

Berdasarkan eksperimen yang dilakukan bahwa besi kemungkinan mengandung unsur karbon yang bercampur dengan nikel sekitar 18 – 25 %. Jenis baja paduan martensit ini bersifat kenyal dan mempunyai kekerasan sekitar 1,5 kali dari baja martensit yang tidak ditemper. Baja ini merupakan unsur bahan yang ideal untuk digunakan dengan cara memisahkan unsur – unsur lain untuk menaikkan kekuatannya.

Jenis yang digunakan pada waktu itu adalah yang mengandung besi dan 18 % nikel dengan kobalt, molibdenum, dan titanium. Baja martensit dihasikjan dengan cara pemanasan dan pendinginan (pelarutan dengan pemijaran dingin) yang membuatnya cukup lunak sehingga dapat dipotong, dibentuk, dan dibengkokkan. Pengerasan dilakukan dengan cara pemanasan pada temperatur sekitar 450 – 500⁰C selama 3 jam yang diikuti dengan pendinginan di udara. Pengerasan permukaan dapat dilakukan dengan menitrid pada akhir perlakuan panas. Perlakuan panas terjadi pada temperatur yang relative rendah, tidak termasuk proses pendinginan sehingga tidak terjadi perubahan bentuk atau pecah – pecah. Kandungan karbon yang rendah pada kulit baja paduan martensit dapat dihilangkan selama pemanasan. Kecepatan pemanasan tidak menyebabkan baja martensit mudah dilas dibandingkan baja paduan berkarbon rendah dan sedang.

Baja ini dihasilkan seperti untuk membuat struktur menjadi kuat dan ringan tetapi tidak dapat menggantikan baja yang biasa karena biaya pengerjaannya tinggi.

TABEL 1 KOMPOSISI DAN SIFAT-SIFAT JENIS BAJA PADUAN MARTENSIT

Komposisi : 18% N, 8% Co, 5% Mo, 0,4% Ti

Sifat – sifat Mekanik	Setelah Pelarutan Pemijaran Dingin pada 820 ⁰ C	Setelah Disepuh Selama 3 Jam Pada 480 ⁰ C
Kekuatan tarik	100 / 108 kg/mm ²	160 – 182 kg/mm ²
Perpanjangan	14 – 16 %	8 – 10 %
Pengurangan Luas	70 – 75 %	35 – 60 %
Kekerasan	280 – 320 HV	500 – 560 HV

BAB VI

PERLAKUAN PANAS PADA BAJA

A. PENDAHULUAN

Pengerjaan panas adalah proses yang memanaskan bahan sampai suhu tertentu dan kemudian didinginkan menurut cara tertentu. Tujuan pengerjaan panas itu adalah untuk memberi sifat yang lebih sempurna pada bahan. Pengerjaan panas yang terpenting untuk baja, baja tuang, dan atau besi tuang dapat dirinci sebagai berikut.

- 1) Memijar, terbagi dalam pemijaran pembebas tegangan, pemijaran sampai dingin, pemijaran normal, dan pemijaran lunak.
- 2) Menyepuh keras, menurut cara pendinginannya terbagi atas sepuh keras normal, sepuh keras termal, dan sepuh keras isotherm. Sementara itu, menurut cara pemanasannya yang khusus terbagi atas sepuh keras nyala dan sepuh keras induksi.
- 3) Memudakan, yang terbagi atas memudakan rendah dan memudakan tinggi.
- 4) Memurnikan atau memuliakan.
- 5) Karbonasi.
- 6) Nitrase, yang terbagi atas nitrase lunak dan nitrase keras.
- 7) Pengerjaan panas secara khusus.

Perlakuan panas dapat mengubah sifat baja dengan cara mengubah ukuran dan bentuk butir-butirannya, juga mengubah unsur pelarutnya dalam jumlah yang kecil. Bentuk butirannya dapat diubah dengan cara dipanaskan pada suhu di atas suhu pengkristalan kembali. Ukuran butirannya dapat dikontrol melalui Suhu dan lama

pemanasannya, serta kecepatan pendinginan baja setelah dipanaskan. Bahan pelarut dapat diubah dengan pemanasan baja pada suhu yang cukup tinggi untuk menghasilkan larutan padat austenit dan penyebaran unsur karbon. Kemudian seterusnya didinginkan dengan kecepatan pendinginan yang sesuai, sehingga akan menghasilkan struktur yang diinginkan.

1. Perubahan Bentuk dan Ukuran Butiran Baja

Perubahan bentuk dan ukuran butiran baja dapat dilakukan dengan cara sebagai berikut :

a. Pengerjaan Dingin

Akibat pengerjaan dingin adalah terjadinya perubahan dalam butiran baja dan menaikkan kekerasan dan kekuatannya, tetapi mengurangi kekenyalan baja. Proses ini disebut juga proses pengerjaan pengerasan (work hardening).

b. Pengerjaan Panas

Dengan cara perlakuan panas (heat treatment) dapat dilakukan perubahan ukuran dan bentuk butir-butiran baja. Perlakuan panas pada baja dapat dilakukan sebagai berikut.

1) Pemanasan Pada Temperatur Rendah

Akibat pengerjaan ini adalah tidak menghasilkan suatu perubahan dalam struktur baja, hanya mengakibatkan perubahan yang kecil dalam sifat mekaniknya. Apabila dalam pengerjaan ini dihasilkan suatu penulangan baja yang keras maka dapat dihilangkan dengan cara penulangan dan pengerjaan dengan mesin perkakas.

2) Pemanasan Pada Temperatur Tinggi

Apabila baja dipanaskan terus-menerus yang mengakibatkan suhu pemanasan naik dan mencapai suhu tertentu, terjadi pembentukan butir - butiran baru yang bentuk dan ukurannya kecil dan halus.

Pembentukan butiran dapat terjadi walaupun ukuran orisinal sebelumnya besar dan kasar, perubahan terjadi sebelum dilakukan pengerjaan dingin. Proses tersebut dikenal dengan nama proses pengkristalan kembali. Temperatur pengkristalan kembali untuk beberapa logam dapat dilihat pada label. Pengkristalan dapat dikatakan komplet apabila seluruh struktur logani terdiri dari butir-buliran halus.

Jenis Logam	Temperatur (°C)	
	Pengkristalan Kembali	Titik Cair
Wolfram	1.200	3.410
Molibdenum	900	2.620
Nikel	600	1.458
Besi	450	1.535
Kuningan	400	900-1.050
Perunggu	400	900-1.050
Tcmbaga	200	1.083
Perak	200	960
Aluminium	150	660
Magnesium	150	651
Sn	70	419
Timbel	20	327
Timah	20	232

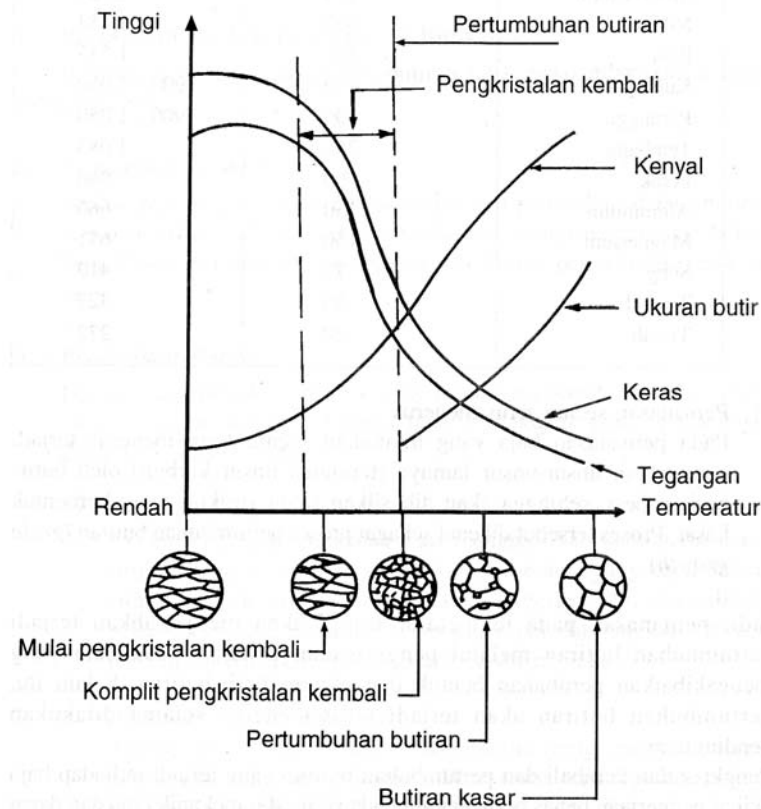
3) Pemanasan secara terus – menerus

Pada pemanasan baja yang dilakukan secara terus-menerus terjadi penyerapan unsur-unsur lainnya (terutama unsur karbon) oleh butirbutiran besi, sehingga akan dihasilkan suatu struktur yang berbentuk kasar. Proses tersebut dikenal sebagai proses pertumbuhan butiran (grain growth).

Jadi, pemanasan pada temperatur tinggi akan menyebabkan terjadi pertumbuhan butiran melalui pengkristalan kembali pada baja yang mengakibatkan perubahan bentuk dan ukuran butir-butiran. Selain itu, pertumbuhan butiran akan terjadi terus-menerus selama dilakukan pendinginan.

Pengkristalan kembali dan pertumbuhan butiran yang terjadi terhadap baja akibat pengerjaan panas berpengaruh pada sifat-sifat mekanik baja dan dapat disimpulkan sebagai berikut.

- 1) Proses pengerjaan pada suhu yang cukup tinggi, yang memanaskan baja dalam waktu yang cukup lama menyebabkan terjadi pertumbuhan butiran pada baja dalam jumlah kecil Hal itu membuat baja menjadi kenyal dan tidak mengalami retak-retak atau patah apabila dikerjakan dalam keadaan dingin.
- 2) Proses pengerjaan di atas Suhu pengkristalan kembali. Baja yang dipanaskan akan mengalami perubahan butir-butiran dengan cepat dan berbentuk kasar serta berukuran besar, sehingga pengerjaan panas pada baja perlu dilakukan lebih lanjut.



GAMBAR 19 EFEK PEMANASAN PADA STRUKTUR DAN SIFAT-SIFAT MEKANIS DARI LOGAM

2. Perubahan Struktur Baja

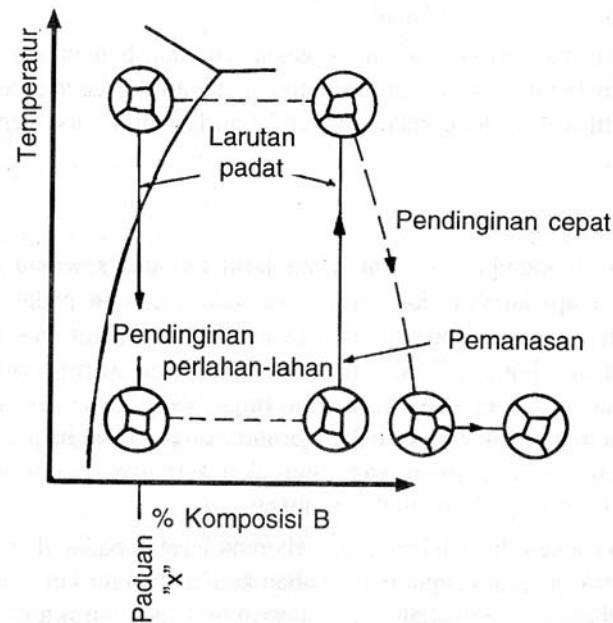
Perubahan struktur suatu sistem pencampuran logam hanya akan terjadi apabila suatu campuran didinginkan secara perlahan-lahan. Kecepatan pendinginan akan mencegah campuran untuk mencapai kondisi yang seimbang. Sistem campuran yang akan bereaksi terhadap

perlakuan panas dan menghasilkan suatu kondisi yang tidak seimbang terdiri dari 2 jenis, yaitu:

- 1) Sistem yang mempunyai sifat dapat larut terbatas sewaktu dalam keadaan padat tetapi suhu larutan dapat naik dengan pemanasan, dan
- 2) Sistem yang mempunyai sifat dapat larut terbatas sewaktu dalam keadaan padat tetapi larutan akan masuk ke dalam larutan padat secara komplet sewaktu proporsi dan suhunya sesuai juga terjadi perubahan "allotropik".

a. Sistem Pertama

Gambar 20 menunjukkan sebagian dari diagram keseimbangan untuk suatu, sistem yang mempunyai sifat dapat larut terbatas sewaktu dalam keadaan padat tetapi suhu larutan dapat naik dengan pemanasan. Pada waktu paduan didinginkan secara perlahan-lahan dari suhu itu, mengakibatkan logam B akan menjadi lapisan endapan dari larutan padat seperti yang ditandai melalui keseimbangan panas. Sementara itu, ketika campuran atau paduan didinginkan secara cepat dari suhu itu, akan terjadi larutan padat secara komplet yang mengakibatkan logani B larut dan logam paduan menjadi dalam keadaan tidak seimbang. Pemanasan paduan untuk menghasilkan larutan padat dan pendinginan yang cepat untuk memelihara keadaan strukturnya yang disebut dengan pengerjaan larutan. Pengerjaan itu menyebabkan paduan menjadi lunak, tidak kuat, dan kenyal, sehingga dapat dikerjakan dalam keadaan dingin tanpa mengalami patah.



GAMBAR 20 DIAGRAM PENCAMPURAN LOGAM PADUAN SEWAKTU DIPANASKAN DAN DIDINGINKAN

Larutan padat yang tidak stabil mengakibatkan logam B pada akhirnya akan menjadi lapisan endapan besi dari larutan padat. Lapisan tersebut sebagai partikel-partikel halus dari logam B (partikel yang amat halus dari suatu gabungan antara logam A dan logam B) yang menambah kekerasan dan kekuatan paduan, tetapi mengurangi kekenyalannya. Logam B dengan cepat akan menjadi lapisan endapan dari larutan padat setelah paduan dilakukan pengerjaan dingin dan akan menjadi komplet pelarutannya sekitar 3 hari. Lamanya pengerjaan itu diketahui pula sebagai lamanya pengerasan. Beberapa panduan tidak dikerjakan dalam waktu yang lama atau dikerjakan dalam waktu yang lama, sehingga paduan-paduan itu dilakukan pemanasan. Selanjutnya pengendapan dari larutan itu disebut pengerjaan larutan endapan.

Sejumlah paduan aluminium bereaksi terhadap pengerjaan larutan. Dalam hal itu beberapa paduan aluminium dengan lainnya pengerasan dan lainnya harus dilakukan pengerjaan pengendapan larutan untuk memperbaiki sifat-sifatnya.

b. Sistem Kedua

Sistem ini mempunyai sifat dapat larut terbatas sewaktu dalam keadaan padat, tetapi larutan akan masuk ke dalam larutan padat secara komplet sewaktu dalam proporsi dan suhu yang sesuai. Selain itu juga terjadi suatu perubahan "allotropik". Apabila suatu logam mengalami perubahan allotropik (perubahan bentuk fisik) pada suhu tinggi yang sesuai, ketika bahan kedua campuran dapat masuk ke dalam larutan padat, kedua bahan itu dapat dibuat menjadi logam paduan yang bereaksi terhadap pengerjaan panas dan menyebabkan paduan tidak seimbang.

Ketika paduan dipanaskan akan terbentuk larutan padat, dan sewaktu paduan didinginkan secara cepat maka bahan kedua akan terikat (bersenyawa) yang menyebabkan perubahan lapisan struktur. Jadi, struktur yang dihasilkan akan penuh dengan larutan padat yang luar biasa baiknya dan pengerjaan menaikkan kekerasan dan kekuatan daripada paduan.

Baja yang terdiri dari campuran besi dan karbon bereaksi terhadap perlakuan panas. Struktur yang dihasilkan dengan perlakuan panas ini stabil. Selanjutnya, tidak ada perubahan struktur yang akan terjadi, kecuali kalau paduan dipanaskan kembali untuk mereduksi beberapa unsur campuran.

B. DAPUR UNTUK PERLAKUAN PANAS

Dapur yang digunakan dalam perlakuan panas ialah dapur yang menggunakan gas, arus listrik, dan cairan garam. Uap-dapur tersebut ialah sebagai berikut.

1. Dapur dengan Pembakar Gas

Pada umumnya sebagian besar bahan bakar yang digunakan dalam dapur untuk perlakuan panas adalah gas (gas yang dihasilkan dari kokas) dan udara.

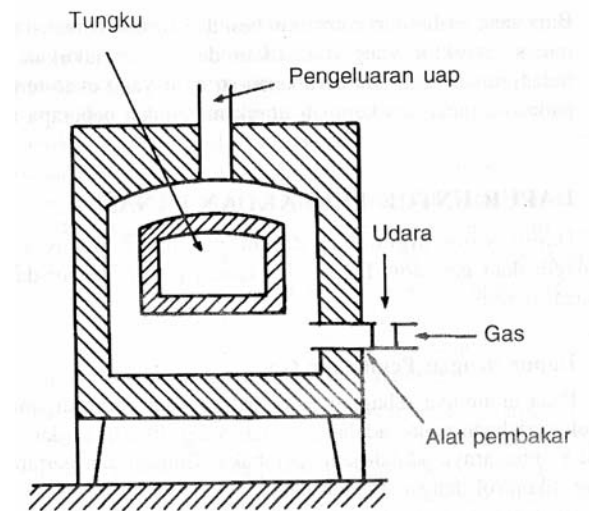
Alat pembakarnya adalah jenis pembakar Bunsen dan pertama dialirkan udara yang dikontrol dengan sebuah katup.

Atmosfer yang terdapat di dalam dapur sangat penting, karena perlakuan panas dilakukan pada suhu tinggi. Apabila atmosfer mengoksidasi lapisan kulit (mereduksi karbon) yang telah terhentuk di atas permukaan logam yang dikerjakan maka akan menghasilkan logam yang berkualitas rendah. Hal itu juga akibat pendinginan pada logam. Oleh karena itu, oksidasi/dekarbonasi pada baja diperkecil, karena terjadinya reduksi karbon akan mengubah sifat-sifat permukaannya.

Jika atmosfer dapur direduksi/dikurangi atau dikarbonasikan maka pengurangan/reduksi lapisan kulitnya akan berkurang. Tetapi, jika digunakan pada baja maka hal itu akan mengubah sifat-sifat permukaannya, sehingga perlu ditambahkan unsur karbon. Suatu oksidasi atmosfer diperoleh dengan cara memasukkan lebih banyak udara daripada mementingkan pembakaran yang menyeluruh. Sementara itu suatu reduksi atmosfer diperoleh dengan cara memasukkan sedikit udara daripada mementingkan pembakaran yang menyeluruh. Atmosfer yang netral sukar dihasilkan dengan pengontrolan campuran. Tetapi apabila suatu atmosfer yang netral perlu sekali untuk dipakai (misalnya untuk

annealing atau pemijaran dingin secara ringan) maka digunakan dapur Mofel. Perhatikan Gambar 21!

Atmosfer di dalam dapur Mofel dapat diperoleh dari udara dan atmosfer di dalam dapur itu dibatasi. Pembatasan atmosfer dapat dilakukan dengan pembakaran gas kokas di dalam ruangan yang terpisah dengan membatasi sejumlah udara yang masuk ke dalam dapur. Hasil dari pembakaran yang berupa gas dimasukkan ke dalam kondensor untuk mengeluarkan kandungan udara dari dalam gas. Pada waktu mengeraskan bahan baja potong tinggi (High Speed Steel = HSS), yang pertama kali dilakukan adalah memanaskannya secara perlahan-lahan pada suhu tertentu. Selanjutnya dipanaskan secara cepat untuk mencegah terjadinya pertumbuhan butir-butiran dan lapisan yang baru pada kulitnya



GAMBAR 21 DAPUR MOFEL

Dalam hal proses pengerasan seperti di atas (misalnya baja HSS) digunakan dapur yang mempunyai 2 buah ruangan pemanas. Ruangan yang terdapat pada bagian bawah dapur digunakan untuk pemanasan

pada suhu tinggi dengan cara mernasukkan udara dan gas. Sementara itu, ruangan pada bagian atas digunakan untuk pemanasan pada suhu rendah dengan cara hanya memanaskan dengan gas yang diperoleh dan ruangan bagian bawah.

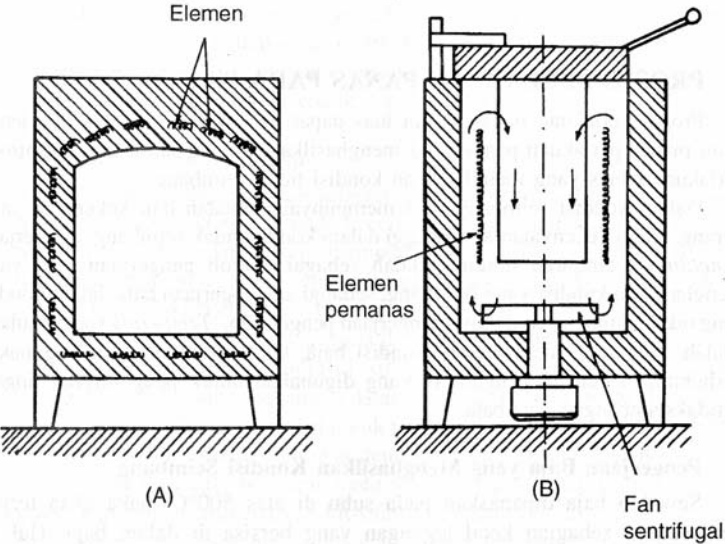
Jika sejumlah besar peralatan akan diberi perlakuan panas dengan cara dipanaskan terus-menerus (dipanaskan pada suhu tetap) dan kemudian didinginkan maka digunakan dapur yang dapat terus-menerus memanaskan (dapur pemanas terus-menerus). Dapur mi mempunyai ukuran yang panjang, sehingga benda kerja yang dipanaskan di dalam dapur disesuaikan dengan ukuran panjang dapur. Pada pemanasan akhir di dalam dapur (ruangan atas dapur), suhunya harus dijaga tetap rendah. Kecepatan pemanasan dan pendinginan diatur sesuai sepanjang "daerah" pemanasan di dalam dapur. Selain itu, juga dilakukan pengaturan kecepatan gerakan (membawa) peralatan sepanjang "daerah" pemanasan di dalam dapur.

2. Dapur Listrik

Dapur listrik yang digunakan dalam proses perlakuan panas adalah dapur listrik tahanan yang menggunakan elemen-elemen pemanas dan ditempatkan di sekeliling ruangan pemanas. Atmosfer di dalam dapur biasanya udara. Pembatasan atmosfer di dalam dapur dapat dilakukan apabila diinginkan, sehingga jenis dapur ini dapat dilakukan pengontrolan suhu dengan amat teliti.

Dapur listrik dengan pemasukan udara sirkulasi digunakan untuk proses perlakuan panas pada suhu rendah. Dalam proses ini panas dimasukkan dengan cara dipancarkan dan udara sirkulasi ditingkatkan

dengan kipas angin. Untuk proses heat treatment dapat juga dilakukan dalam dapur listrik induktif. Perhatikan Gambar 22!



GAMBAR 22. (A) DAPUR TAHANAN LISTRIK (B) DAPUR LISTRIK DENGAN SIRKULASI UDARA

3. Dapur Pencelupan Air Garam

Peralatan dapat diberi perlakuan panas dengan cara dipanaskan setelah benda dimasukkan/dicelup-kan ke dalam cairan garam. Cairan garam ditempatkan di dalam tromol (boks), kemudian dimasukkan peralatan yang akan dipanaskan. Selain itu, juga dapat dilakukan pemanasan dengan menggunakan listrik tahanan yang arus listriknya dimasukkan ke dalam tromol melalui elektroda. Cairan garam digunakan untuk menetralkan pemanasan dan menunda terjadinya pendinginan. Cairan itu, juga digunakan dalam proses karburasi untuk pengerasan permukaan baja yang diberi perlakuan panas.

Dapur pencelupan air garam adalah untuk menghasilkan kecepatan pemanasan yang sesuai dan tidak terjadi oksidasi di dalam dapur, karena udara tidak bersinggungan dengan permukaan peralatan, Peralatan yang sedang di heat treatment terlebih dahulu dipanggang sebelum dicelupkan ke dalam cairan air garam. Setelah dilakukan proses heat treatment, peralatan dikeluarkan dari dalam tromol cairan air garam dan dibersihkan untuk mengeluarkan garam yang melekat di atas permukaan peralatan benda kerja.

C. PROSES PERLAKUAN PANAS PADA BAJA

Proses perlakuan panas secara luas dapat diklasifikasikan atas dua jenis, yaitu proses perlakuan panas yang menghasilkan kondisi seimbang dan proses perlakuan panas yang menghasilkan kondisi tidak seimbang.

Dalam kondisi seimbang baja mempunyai kekuatan dan kekerasan yang kurang, tetapi kekenyalan lebih tinggi dalam kondisi tidak seimbang. Pengerjaan annealing (pemijaran dingin) adalah sebagai contoh pengerjaan baja yang menghasilkan kondisi yang seimbang, sedangkan pengerjaan baja dalam kondisi yang tidak seimbang contohnya pengerjaan pengerasan. Tempering (penyepuhan) adalah cenderung memperbaiki kondisi baja, tetapi pengerjaan itu digunakan berhubungan dengan pengerasan yang digunakan untuk pengontrolan tingkat ketidakseimbangan dari baja.

1. Pengerjaan Baja yang Menghasilkan Kondisi Seimbang

Sewaktu baja dipanaskan pada suhu di atas 500°C maka akan terjadi pembebasan sebagian kecil tegangan yang bersisa di dalam baja. Hal itu menyebabkan berkurangnya sedikit kekerasan dan kekuatan baja.

Sewaktu suhu pemanasan mencapai sekitar 500°C maka akan berlangsung pengkristalan kembali yang akan menghasilkan butir-butiran baru yang kecil dan halus. Sekalipun butir-butiran yang telah terbentuk menjadi kasar dan berukuran besar serta menaikkan kekenyalan baja, tetapi mengurangi kekerasan dan kekuatannya. Apabila pengerjaan dilakukan pada suhu yang cukup tinggi maka akan dihasilkan baja yang mempunyai struktur austenit.

Dan apabila kecepatan pendinginan cukup rendah maka akan dihasilkan struktur mikro. Hal itu ditandai dengan diagram keseimbangan, sekalipun baja tidak seimbang sebelum dilakukan perlakuan panas. Pada akhir perlakuan panas, sifat-sifat baja akan tergantung pada kandungan karbon, suhu pemanasan, lamanya pemanasan, dan kecepatan pendinginan baja. Jenis-jenis perlakuan panas untuk menghasilkan baja dalam kondisi yang seimbang yaitu pembebasan tegangan, pemijaran dingin, dan penormalan.

a. Pemijaran Pembebas Tegangan

Pemijaran tegangan dimaksudkan untuk pemanasan bahan sampai kira-kira 150°C, lalu dipertahankan beberapa waktu lamanya pada suhu tersebut dan sesudah itu didinginkan dalam dapur dengan perlahan-lahan. Tujuan dari pengerjaan panas ini adalah untuk mengurangi tegangan dalam bahan yang terjadi karena penempaan atau pengelasan atau karena penuangan. Hal ini terjadi karena pada suhu tersebut atom memperoleh daya gerak yang lebih besar dan oleh sebab itu, membentuk kisi kristal yang tidak begitu tegang. Pengerjaan pijar ini dilakukan untuk baja, baja tuang, dan besi tuang. Penstabilan seringkali dilakukan setelah

pengerasan untuk melepaskan tegangan pada baja yang disebabkan pendinginan.

b. Pemijaran Dingin (Annealing)

Annealing dapat didefinisikan sebagai pemanasan pada suhu yang sesuai, diikuti dengan pendinginan pada kecepatan yang sesuai. Hal ini bertujuan untuk menginduksi kelunakan, memperbaiki sifat – sifat pengerjaan dingin dan membebaskan tegangan-tegangan pada baja sehingga diperoleh struktur yang dikehendaki. Perhatikan Gambar 23!

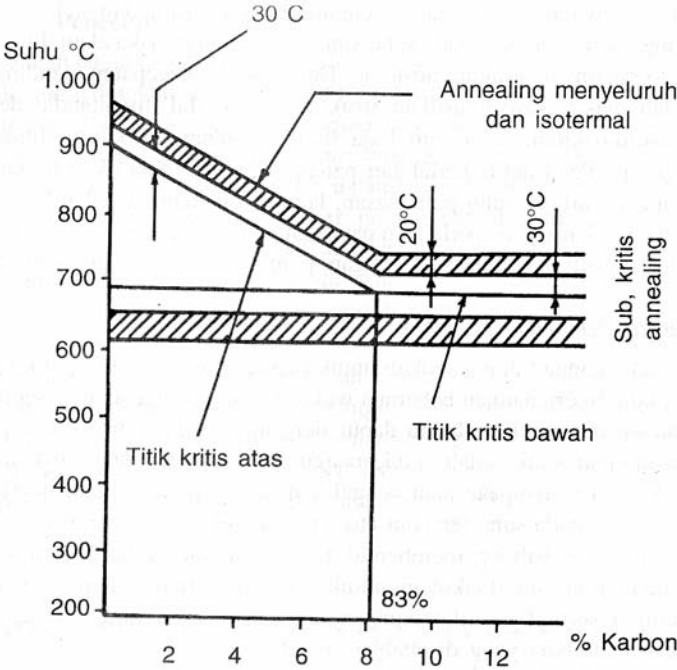
Sifat-sifat baja yang disebutkan pada definisi di atas diartikan bahwa baja harus dipanaskan melalui suhu melalui suhu pengkristalan kembali untuk membebaskan tegangan-tegangan dalam baja. Kemudian mempertahankan pemanasannya pada suhu tinggi untuk membuat sedikit pertumbuhan butir – butiran dan suatu struktur lapisan austenit. Dan seterusnya didinginkan secara perlahan-lahan untuk membuat suatu struktur lapisan perlit, menginduksi kelunakan, dan memperbaiki sifat-sifat pengerjaan dingin. Beberapa jenis proses annealing yaitu annealing penuh, isothermis, dan annealing kritis bawah.

1) Annealing Penuh

Proses ini dapat diartikan sebagai pemanasan yang dipertahankan pada beberapa suhu di atas batas perubahan (transformasi). Selanjutnya didinginkan dan dipertahankan pemanasannya pada suhu di bawah batas transformasi. Hal itu dilakukan sampai struktur austenit secara komplet berubah menjadi struktur perlit.

Dan terakhir didinginkan secara bebas Agar diperoleh suatu logam yang bersifat lunak maka suatu bahan perlu didinginkan secara perlahan-lahan. Contohnya yaitu perubahan austenit menjadi perlit.

Pendinginan tersebut melalui suhu kritis terendah yang sesuai sampai pemanasan baja mencapai perendaman cairan garam (biasanya sekitar 650°C). Selanjutnya baja dikeluarkan dari dalam rendaman air garam dan didinginkan secara bebas di udara.



GAMBAR 23 SUHU ANNEALING BAJA

2) Annealing Pada Suhu Kritis Terendah

Proses ini dapat diartikan sebagai pemanasan yang dipertahankan pada beberapa suhu di bawah batas transformasi (perubahan), diikuti dengan pendinginan pada kecepatan yang sesuai. Proses ini diintroduksi secara luas selama dilaksanakan pengerjaan dingin. Supaya menghilangkan perubahan bentuk dari kristal. Sehingga pengerjaan dingin dalam proses ini dapat diteruskan (proses ini biasanya disebut

proses annealing). Perlu dipahami bahwa annealing penuh dilakukan sebelum dimulai proses pengerjaan dingin. Hal itu akan berpengaruh terhadap bentuk butir-butirannya, tetapi tidak tersusun secara mikro. Oleh karena itu, tidak diusahakan untuk membuat perubahan pada susunan mikronya. Baja perlu dipanaskan pada suhu yang cukup tinggi untuk membuat struktur austenit maupun didinginkan secara perlahan-lahan.

Dalam proses ini baja dipanaskan pada suhu sekitar 650°C. Suhu itu cukup tinggi untuk membuat pengkristalan kembali dan struktur yang seragam. Baja setelah dipanaskan didinginkan secara bebas di dalam udara. Apabila proses ini digunakan untuk jenis baja karbon tinggi akan menyebabkan sementit diperkirakan berbentuk bulat. Sehingga, baja itu mudah untuk dibentuk dan (ikerjakan mesin perkakas).

Sewaktu baja dikerjakan dengan proses annealing dengan cara dipanaskan pada suhu tinggi dalam periode yang cukup lama, berlangsung proses oksidasi. Hal tersebut menyebabkan terjadi pengelupasan pada bagian lapisan luar.

Pengelupasan ini dapat dicegah dengan cara berikut.

a) Panaskan baja di dalam kotak (tromol) yang tertutup dan dilapisi dengan batu tahan api. Baja di dalam tromol dikelilingi dengan bahan yang sesuai dan juga berfungsi sebagai pendukung batang baja yang dipanasi. Di samping itu, hanya terdapat sedikit udara di dalam tromol. Besi akan menerima atau menolak persenyawaan unsur karbon pada suhu tinggi yang didasarkan pada atmosfer sekeliling logam yang dipanaskan.

Baja berkarbon tinggi dikelilingi dengan bahan karbonasi, sebaliknya akan terjadi dekarbonasi (pereduksian karbon) selama pemanasan.

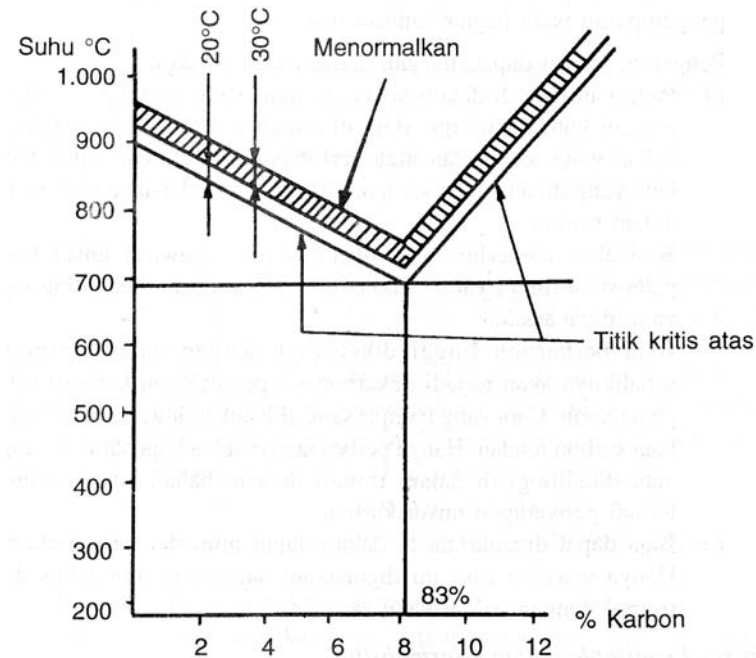
Cara yang hampir sama dilakukan juga pada pengerjaan baja karbon rendah. Hanya perbedaannya ialah baja harus dibungkus atau dikelilingi di dalam tromol dengan bahan netral, sehingga terjadi penyerapan unsur karbon.

b) Baja dapat dipanaskan di dalam dapur atmosfer yang terkontrol. Hanya sewaktu cara ini digunakan, baja perlu dibungkus dalam tromol dengan bahan yang sesuai.

c. *Proses Penormalan Baja (Normalising)*

Proses ini dapat diartikan sebagai pemanasan dan mempertahankan pemanasan pada suhu yang sesuai di atas batas pcrubahan, diikuti pendinginan secara bebas di dalam udara luar supaya terjadi perubahan ukuran butir-butiran. Hal tersebut membuat struktur lebih seragam dan juga untuk memperbaiki sifat-sifat mekanik baja tersebut Perhatikan Gambar 24!

Pada proses ini baja dipanaskan untuk membentuk struktur austenit, direndam dalam keadaan panas, dan seterusnya didinginkan secara bebas di udara. Pendinginan yang bebas akan menghasilkan struktur yang lebih halus daripada struktur yang dihasilkan dengan jalan annealing. Pengerjaan mesin juga akan menghasilkan permukaan pengerjaan yang lebih baik. Proses penormalan sering dilakukan sebelum proses pengerasan untuk menghasilkan struktur yang seragam. Baja direndam dalam panas selama proses pengerasan agar menghasilkan struktur yang seragam. Tetapi butir-butirannya menjadi kasar dan akan menghasilkan sifat-sifat jelek dalam baja. Setiap butiran yang kasar dapat diubah melalui proses normalising dengan jalan pemanasan pada suhu pengkristalan kembali sewaktu suhu naik sampai suhu pengerasan.



GAMBAR 24 SUHU MENORMALKAN BAJA

2. Pengerjaan Baja Menghasilkan Kondisi Yang Tidak Seimbang

Sewaktu baja dipanaskan pada suhu tinggi maka besi akan berubah dari susunan besi alfa (α) menjadi susunan besi gamma (γ). Dan seluruh unsur karbon yang terkandung di dalam baja akan menyebar ke seluruh strukturnya untuk membentuk larutan padat austenit.

Ketika baja didinginkan maka besi akan berubah kembali menjadi susunan besi alfa (α). Baja tersebut hanya mengandung sedikit unsur karbon dalam larutan padat yang berbentuk, ferit sewaktu baja dalam kondisi seimbang.

Pengendapan kelebihan unsur karbon dalam larutan terjadi pada waktu susunan besi berubah dan memerlukan pendinginan yang sangat lambat melalui batas perubahan. Jika baja didinginkan (pendinginan

dengan cara sangat cepat) dari kondisi austenit maka unsur karbon yang lebih tidak akan larut. Akan tetapi, akan mengendap dalam lapisan untuk membentuk larutan padat yang mengandung banyak karbon dalam besi alfa (α) yang disebut martensit.

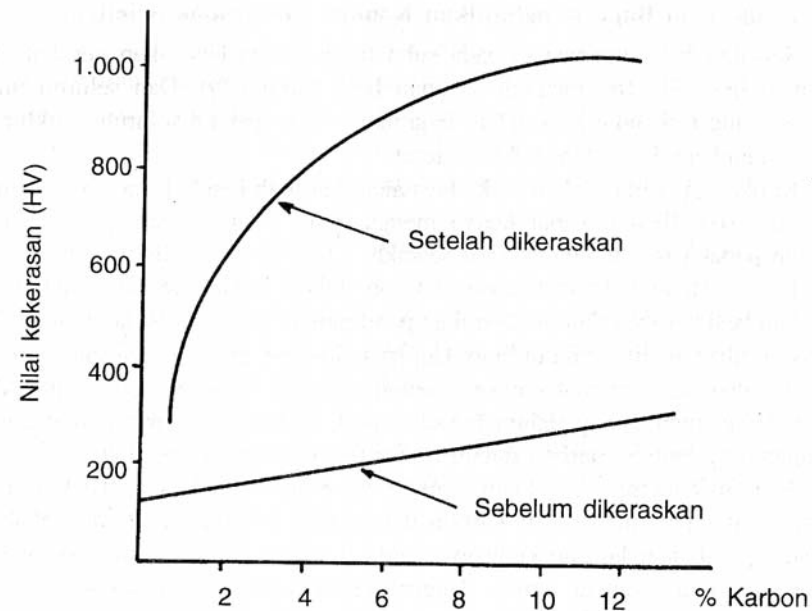
Martensit mempunyai suatu struktur yang sangat halus seperti jarum. Di samping itu, pelarutan unsur karbon dalam jumlah yang besar menyebabkan terjadi perubahan lapisan kubusnya, serta mempunyai sifat yang sangat kuat dan keras, tetapi sangat rapuh. Pengerjaan baja untuk menghasilkan kondisi yang tidak seimbang dapat dilakukan pengerjaannya dengan cara pengerasan (hardening) dan penyesepuhan (tempering).

a. Pengerasan Baja

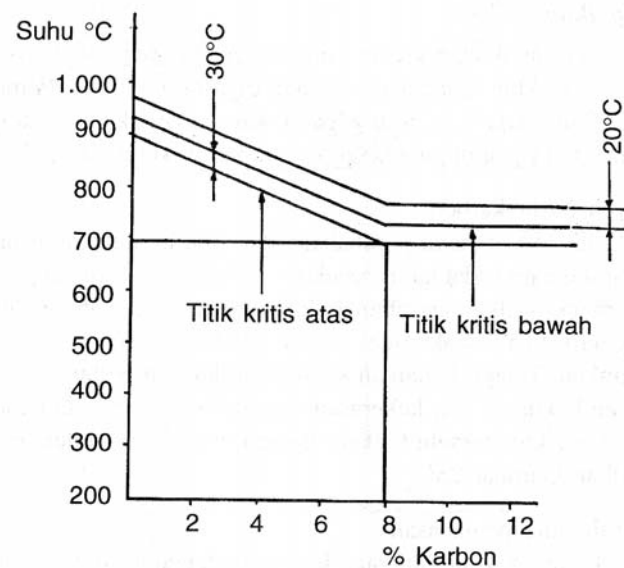
Pengerasan yang dilakukan secara langsung adalah baja dipanaskan untuk menghasilkan struktur austenit dan selanjutnya didinginkan. Pembentukan sifat-sifat dalam baja tergantung pada kandungan karbon, temperatur pemanasan, sistem pendinginan, serta bentuk dan ketebalan bahan.

1) Pengaruh Unsur Karbon

Supaya dihasilkan suatu perubahan sifat-sifat baja maka unsur karbon yang larut dalam padat harus secukupnya, setelah dilakukan pendinginan untuk menghasilkan perubahan lapisannya. Jika kandungan karbon kurang dari 0,15% maka tidak terjadi perubahan sifat-sifat baja setelah didinginkan. Tetapi, kenaikan kandungan karbon berhubungan dengan kenaikan kekuatan dan kekerasan sebagai hasil daripada pendinginan, hanya kenaikan tersebut akan mengurangi kekenyalan pada baja. Perhatikan Gambar 25!



GAMBAR 25 HUBUNGAN ANTARA KANDUNGAN KARBON DENGAN KEKERASAN BAJA



GAMBAR 26 SUHU Pengerasan

Supaya terjamin pelarutan yang lengkap sebagai hasil dari pendinginan maka penting adanya pelarutan unsur karbon dengan jumlah cukup dalam larutan padat sebagai hasil dari pemanasan. Baja yang mengandung karbon kurang dari 0.83%, dipanaskan di atas titik kritis atas (tertinggi). Seluruh unsur karbon masuk ke dalam larutan padat dan selanjutnya didinginkan. Baja dengan kandungan karbon lebih dari 0,83% biasanya dipanaskan hanya sedikit di atas titik kritis terendah (bawah). Dalam hal ini, terjadi perubahan perlit menjadi austenit. Pendinginan yang dilakukan pada suhu itu akan membentuk martensit. Perhatikan Gambar 26!

Juga sewaktu kandungan karbon di atas 0,83% tidak terjadi perubahan sementit bebas menjadi austenit, karena larutannya telah menjadi keras. Sehingga perlu dilakukan pemanasan pada suhu tinggi untuk mengubahnya dalam bentuk austenit. Austenit akan menghasilkan struktur berbentuk kasar tanpa mengalami penambahan yang cukup besar pada kekerasan dan kekuatannya. Akan tetapi, akan menyebabkan baja menjadi lebih rapuh setelah didinginkan. Lamanya pemanasan tergantung atas ketebalan bahan tetapi bahan halus tidak berukuran panjang karena akan menghasilkan struktur yang kasar.

3) Pengaruh pendinginan

Jika baja didinginkan dengan kecepatan minimum yang disebut dengan kecepatan pendinginan kritis maka seluruh austenit akan berubah ke dalam bentuk martensit. Sehingga dihasilkan kekerasan baja yang maksimum. Adapun kecepatan pendinginan kritis adalah tergantung pada komposisi kimia baja.

Bila kecepatan pendinginan sedikit lebih rendah dari kecepatan pendinginan kritis, akan terbentuk "troostit". Troostit dan sorbit lebih

keras dan kuat daripada baja yang mempunyai struktur yang seimbang. Sewaktu struktur besi dibentuk dengan cara pendinginan dari kondisi austenit, yang dihasilkan adalah struktur perlit yang berbentuk sangat halus. Struktur tersebut sering disebut lapisan perlit troostit dan perlit sorbit untuk membedakannya dari struktur yang dibentuk dengan cara pemanasan kembali martensit.

Kecepatan pendinginan tergantung pada pendinginan yang digunakan. Untuk pendinginan yang cepat digunakan larutan garam atau soda api yang dimasukkan ke dalam air. Sementara itu, untuk pendinginan yang sangat lambat digunakan embusan udara secara cepat melalui batas lapisannya. Dan setelah terjadi perubahan pemuatan yang mengubah susunan lapisannya, dilakukan pendinginan baja secara terus-menerus. Perubahan itu berlangsung setahap demi setahap sampai mendekati inti, sebagai akibat dari pendinginan, sehingga setiap lapisan luar akan memuai yang berlawanan dengan lapisan luarnya. Apabila kandungan karbon dalam baja cukup tinggi yang bereaksi terhadap pendinginan muka baja akan retak karena kerapuhannya yang luar biasa.

Untuk mencegah retak - retak, memperkecil perubahan, dan menghasilkan sifat – sifat yang diperlukan maka harus digunakan pendinginan sedang yang cukup drastis. Pada umumnya baja paduan dapat didinginkan di dalam udara embus. Air digunakan apabila baja karbon biasa mempunyai kekerasan yang tinggi. Tetapi, harus disadari bahwa baja karbon tinggi dapat didinginkan di dalam minyak untuk memperoleh kekerasan yang sama. Dan untuk menghasilkan kekerasan yang sama pada baja karbon rendah adalah dengan cara didinginkan di dalam air. Sewaktu sepotong baja yang amat tipis dipanaskan dan didinginkan, hanya bagian luar yang akan berbentuk martensit,

sedangkan bagian intinya akan berbentuk perlit yang halus. Perbedaan dari kedua strukturnya akan menyebabkan perbedaan sifat-sifatnya dalam potongan melintang, yang diketahui sebagai pengaruh menyeluruh. Perbedaan sifat-sifatnya seringkali tidak diperhatikan karena biasanya lapisan permulaannya mempunyai kekuatan yang lebih tinggi daripada intinya. Tetapi, sewaktu diperlukan sifat yang seragam atau inti yang kuat tergantung pada tebal maksimum bahan dan komposisi baja.

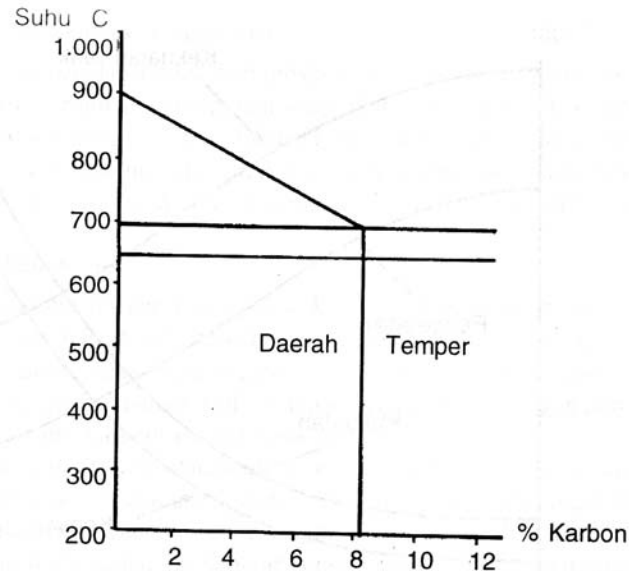
Untuk menjamin perubahan pada baja sekecil mungkin maka yang perlu diingat dan diperhatikan adalah cara pengerjaan baja selama pemanasan dan cara pendinginan yang digunakan. Masalah yang terjadi dalam proses pengerasan baja dapat dikurangi dalam proses pengerasan baja dapat dikurangi dengan merencanakan peralatan secara hati-hati. Keseragaman tebal baja akan memungkinkan untuk didinginkan secara seragam dan cenderung akan mengurangi retak-retak pada sudutnya.

b. Penyepuhan (Tempering)

Baja biasanya dipanaskan kembali pada suhu kritis terendah setelah dilakukan pengerasan untuk memperbaiki kekuatan dan kekenyalannya. Akan tetapi, hal itu mengurangi daya regang dan kekerasannya, sehingga membuat baja lebih sesuai untuk kebutuhan pembuatan peralatan. Perhatikan Gambar 27! Proses pemanasan kembali disebut penyepuhan. Proses tersebut menyebabkan martensit berubah menjadi troostit atau sorbit sesuai dengan suhu penyepuhannya. Troostit dan sorbit tersebar halus dalam bentuk karbid pada lapisan ferit. Bentuk strukturnya tidak seperti austenit tetapi berlapis-lapis.

Suhu penyepuhan tergantung pada sifat – sifat baja yang diperlukan, biasanya sekitar 180°C - 650°C, dan lamanya pemanasan

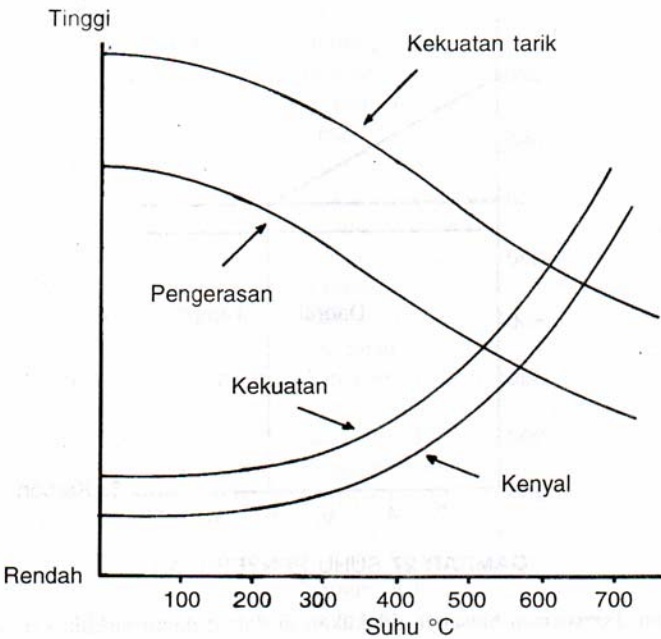
tergantung pada tebalnya bahan. Pemanasan biasanya dilakukan di dalam dapur sirkulasi udara dan seterusnya direndam dalam minyak atau air garam atau timbel (timah hitam). Dengan demikian, suhu pemanasannya dapat dikontrol secara tepat. Alat-alat biasanya disepuh pada suhu rendah. Penetapan suhu tersebut dengan cara melihat warna pada lapisan tipis (selaput) oksidanya yang dihasilkan dengan pemanasan.



GAMBAR 27 SUHU PENYEPUHAN

TABEL 5 SUHU PENYEPUHAN

Warna Penyepuhan	Suhu °C
Kuning muda	230
Kuning tua	240
Cokelat	250
Cokelat merah	260
Merah	270
Merah tua	280
biru	300



GAMBAR 28 HUBUNGAN ANTARA SUHU PENYEPUHAN DENGAN SIFAT-SIFAT BAJA

Akan tetapi cara tersebut kurang sesuai untuk penggunaan suhu yang teliti, karena hanya diperkirakan. Gambar 28 menunjukkan pengaruh proses pengerasan dan penyepuhan terhadap sifat-sifat mekanik baja. Terlihat bahwa batas luas sifat-sifat dari suatu baja dapat diperoleh berdasarkan besarnya suhu pengerasan dan penyepuhan.

D. Pengerasan Permukaan Baja

Seringkali suatu komponen harus mempunyai permukaan yang keras dan tahan pakai, yang didukung oleh inti yang kuat dan tahan terhadap guncangan. Sifat-sifat yang berbeda itu dapat digabungkan dalam suatu baja dengan pengerasan permukaan. Cara-cara pengerasan

permukaan dapat dilakukan dengan cara pemanasan seluruh komponen atau pemanasan hanya pada bagian permukaan komponen.

1. Pemanasan Seluruh Komponen

Suatu komponen dapat dilakukan proses heat treatment. Pada proses tersebut, hanya sebagian permukaan komponen yang akan bereaksi terhadap pengerjaan maka seluruh komponen dapat dipanaskan selama pengerjaan. Pengerjaan permukaan dengan cara ini dapat dilakukan dengan dua cara, yaitu dengan cara penyepuhan keras (case hardening) atau menitrir (ritriding) dan proses karbonasi.

a. Penyepuhan Keras

Yang dimaksud dengan penyepuhan keras ialah pemanasan bahan sampai suhu tertentu lalu dipertahankan pada suhu itu beberapa waktu lamanya, kemudian didinginkan dengan cepat. Tujuan dari pengerjaan panas ini ialah untuk mengeraskan bahan. Hal ini dapat terjadi karena dengan pendinginan cepat dari suhu tertentu timbul struktur yang keras. Cara penyepuhan keras digunakan untuk pekerjaan yang umum. Suatu komponen tidak mendapat panas yang tinggi sewaktu digunakan dan memerlukan inti yang kuat. Cara ini dengan mudah dapat dilakukan, karbonasi tidak dapat melakukan penyepuhan yang berkualitas, tetapi pengerjaan dengan cara ini lebih cepat.

Dalam proses ini biasanya komponen terbuat dari baja dengan kandungan karbon sekitar 0,3%. Baja itu tidak akan bereaksi terhadap pengerjaan pengerasan yang langsung dan pengerjaan karbonasi (sementasi). Pengerjaan karbonasi adalah untuk menaikkan kandungan karbon pada lapisan permukaan, sehingga hanya permukaannya yang akan bereaksi terhadap pengerasan.

Dalam proses karbonasi, komponen baja dipanaskan dalam karbon yang berwujud atmosfer. Proses ini hampir sama seperti yang digunakan dalam membuat jenis baja dari besi tempa. Akan tetapi, hasilnya tidak memuaskan, karena pendistribusian karbon tidak merata pada potongan melintang dalam komponen baja. Hal tersebut menghasilkan permukaan yang mengandung karbon tinggi, sedangkan sekeliling intinya mengandung karbon yang rendah.

Sewaktu komponen dipanaskan dan didinginkan maka hanya lapisan permukaannya yang akan bereaksi dan menjadi keras, sedangkan intinya akan tetap lunak dan kuat seperti yang diinginkan. Apabila bagian permukaan tetap lunak maka dapat disuntikkan unsur-unsur logam selama pelaksanaan karbonasi. Suntikan itu gunanya untuk mencegah kadar karbon rendah. Cara yang lainnya adalah dengan mengerjakan komponen dalam mesin perkakas setelah dilakukan karbonasi. Dalam hal ini permukaan yang mengandung karbon tinggi akan tersayat (terpotong) untuk mendapat lapisan lunak yang mendekati intinya. Proses penyepuhan keras dapat dilakukan dengan dua cara, yaitu dengan cara karbonasi dan pengerjaan panas.

1) Baja yang dapat disepuh keras

Untuk dapat menyepuh keras baja, diperlukan karbon yang dapat terkandung dalam kisi hablur feritis. Dengan cara percobaan yang berulang-ulang dapat ditentukan, bahwa baja dengan kadar karbon mulai dari 0,3% setelah disepuh keras memperoleh penambahan kekerasan yang berguna untuk praktek. Oleh sebab itu, baja dengan kadar karbon mulai dari 0,3 % disebut baja yang dapat disepuh keras, yang sesungguhnya kurang tepat. Dapat juga dikatakan, jika kadar karbon

meningkat dari 0 sampai 1,5%, Sifat dapat disepuh keras dan kekerasannya setelah disepuh keras meningkat pula.

2) Suhu penyeponan keras

Untuk menyepuh keras baja diperlukan pemanasan sampai ke daerah austenit. Karena pendinginan yang cepat austenit itu berubah ke dalam struktur penyeponan keras. Akan tetapi untuk baja "perlitis atas" tidak perlu dipanaskan sampai ke dalam daerah austenit seluruhnya, melainkan cukup sampai kira-kira 50°C di atas garis sepuh keras. Pada suhu tersebut baja "perlitis atas" terdiri dari austenit dan sementit. Dengan jalan pendinginan cepat austenit diubah ke dalam struktur penyeponan keras, sedangkan sementit tidak mengalami perubahan. Jadi, setelah didinginkan baja "perlitis atas" terdiri dari struktur penyeponan keras dan sementit. Karena sementit kira-kira hampir sama keras dengan struktur penyeponan keras maka untuk baja perlitis atas cukup dengan pemanasan sampai lebih kurang 50°C di atas garis sepuh keras.

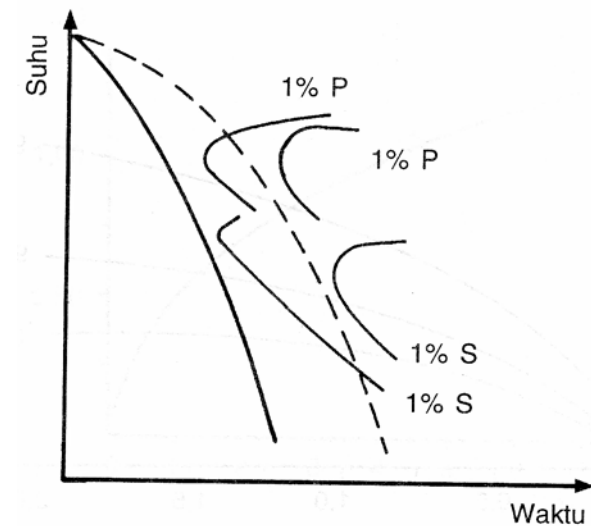
3) Kecepatan pendinginan

Struktur yang terjadi waktu penyeponan keras baja tergantung dari kecepatan pendinginan. Pada kecepatan pendinginan yang besar, semua karbon terkandung dalam kisi kristal feritis. Pada kecepatan pendinginan yang tidak begitu besar, tidak semua karbon tinggal terkandung dalam kisi hablur feritis, oleh karena itu dapat terjadi berbagai macam struktur penyeponan keras. Struktur mana yang terjadi pada kecepatan pendinginan tertentu dapat ditetapkan dengan diagram TTT (Temperature-Time-Transformation) / diagram SWT (Suhu-Waktu-Transformasi).

4) Diagram TTT atau SWT

TTT itu adalah singkatan dari bahasa Inggris Temperature, Time, dan Transformation. Dalam diagram itu suhu diukur secara lurus pada

garis vertikal dan pada garis horizontal waktu diukur secara logaritmis. Untuk baja tertentu, grafik yang diperoleh secara demikian menunjukkan permulaan dan akhir dari transformasi. Diagram TTT yang dilukiskan pada Gambar 29 adalah dari baja perlitis. Grafik kiri menunjukkan permulaan dari perubahan struktur, sedangkan grafik kanan menunjukkan bagian akhir dari perubahan struktur. Tiap jenis baja mempunyai diagram TTT sendiri. Jadi, yang penting di sini adalah berapa jauh "hidung" grafik S itu terletak dari sumbu vertikal. Jarak itu menentukan kecepatan pendinginan kritis. Jika jarak tersebut bertambah besar, pendinginan dapat dilakukan lebih perlahan-lahan. Jarak ini bertambah besar, jika baja dialasi dan sebagai akibatnya kecepatan pendinginan kritis. Jadi, dengan mengingat jenis bahan yang digunakan waktu menyepuh keras, kita membedakan baja sepuh keras air, baja sepuh keras minyak, dan baja sepuh keras udara.

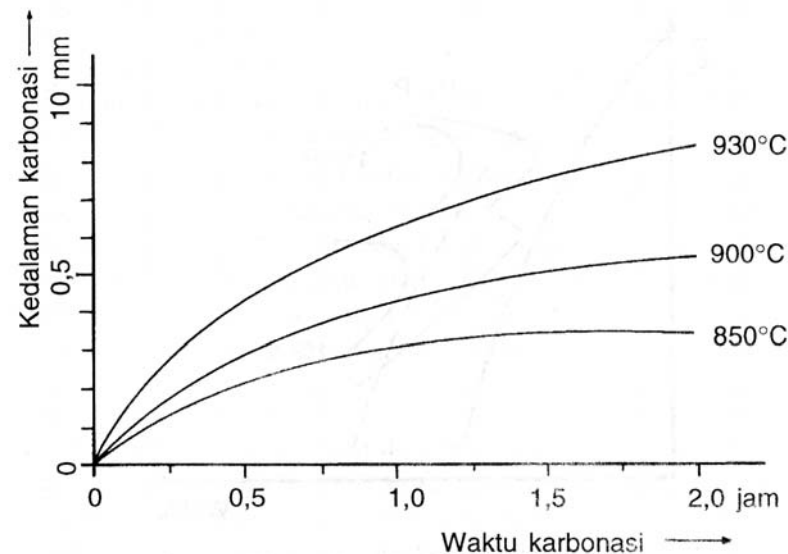


GAMBAR 29 DIAGRAM TTT

b. Proses Karbonasi

Untuk dapat menyepuh keras baja diperlukan kadar karbon sekurangnya 0,3%. Lihatlah pada bagian baja yang dapat disepuh keras. Jika baja mempunyai kadar karbon kurang dari 0,3% maka dengan pengerjaan panas pada baja itu dapat ditambahkan karbon. Pengerjaan panas ini dinamakan karbonasi.

Karbonasi dimaksudkan memanaskan bahan sampai 900 - 950°C dalam lingkungan yang menyerahkan karbon, lalu dibiarkan beberapa waktu lamanya pada suhu tersebut dan kemudian didinginkan. Tujuan dari pengerjaan panas itu ialah untuk memberi lapisan luar pada benda kerja yang dapat disepuh keras. Hal ini mungkin karena pada suhu tersebut karbon dapat meresap ke dalam lapisan luar benda kerja. Karbonasi dinamakan juga penumpukan karbon atau menyemen.



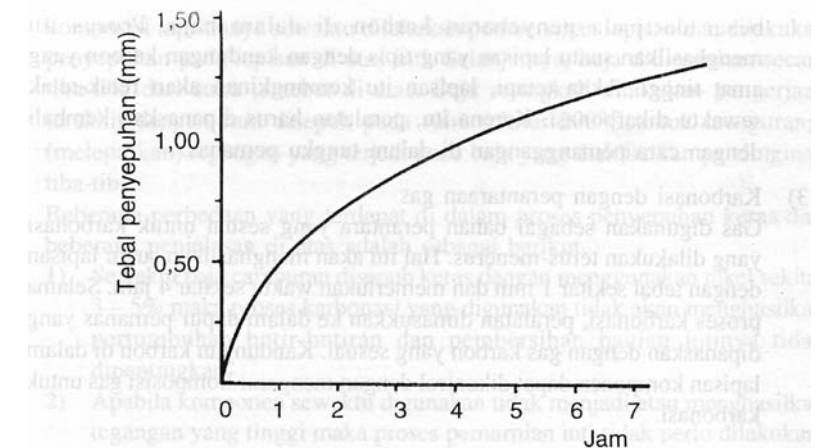
GAMBAR 30 GAMBAR GRAFIK UNTUK MENENTUKAN WAKTU KARBONASI DALAM BAHAN KARBONASI CAIR

Pengerjaan panas ini digunakan untuk baja dengan kadar karbon dari 0,1 - 0,2%. Lapisan luar benda kerja yang telah mengambil karbon dinamakan lapisan karbonasi. Tebalnya lapisan yang dikarbonasikan dalam lingkungan yang dapat menyerahkan karbon tergantung dari waktu karbonasi dan dari suhu. Perhatikan Gambar 30!

1) Karbonasi dengan perantara zat padat

Sewaktu digunakan bahan zat padat maka prosesnya disebut karbonasi terbungkus. Dalam proses ini caranya adalah komponen dimasukkan ke dalam suatu tromol logam yang sesuai dan di dalam tromol dikelilingi dengan bahan karbonasi.

Dalam proses ini tidak terjadi pembuatan gas karbon selama berlangsung pereduksian karbon dari dalam komponen. Selain itu, tidak terjadi pemasukan udara ke dalam tromol, karena tromol tertutup rapat yang, tutupnya diperkuat dengan tanah Hat tahan api. Pada dasarnya bahan-bahan yang digunakan dalam karbonasi yaitu kayu, tulang, dan kulit arang kayu.



GAMBAR 31 HUBUNGAN ANTARA TEBAL PENYEPUHAN DENGAN PERIODE KARBONASI

Untuk mempercepat proses karbonasi maka ditambah dengan karbonat barium dan karbonat natrium. Kedua jenis bahan tambahan tersebut termasuk jenis bahan-bahan pembangkit tenaga. Kandungan karbon yang terserap pada permukaan komponen dapat dikontrol dengan bahan campuran yang baru atau menggunakan bahan karbonasi. Permukaan komponen juga dapat dilapisi dengan bahan pelapis yang sesuai atau bahan galvano plastik (galvanis) atau dengan endapan tembaga yang menghasilkan tebalnya lapisan sekitar 0,1 mm. Kecepatan karbonasi dapat dilihat pada Gambar 31, tetapi hal itu dapat dipercepat dengan menggunakan suhu tinggi.

2) Karbonasi dengan perantara zat padat cair

Karbonasi ini dilakukan dengan rendaman air garam yang terdiri dari karbonat natrium (sodium) dan sianida natrium yang dicampur dengan salah satu bahan klorid natrium atau klorid barium. Proses karbonasi dengan perantara zat cair sesuai untuk menghasilkan suatu lapisan yang tebalnya sekitar 0,3 mm. Cara karbonasi dengan kecepatan tinggi digunakan apabila suatu peralatan yang digunakan mengalami kerugian dalam sifat-sifatnya. Karena hal itu membuat peralatan mempunyai tegangan yang tinggi sewaktu digunakan. Kecepatan karbonasi dapat menentukan penyerapan karbon yang lebih besar daripada penyebaran karbon di dalam baja. Proses itu menghasilkan suatu lapisan yang tipis dengan kandungan karbon yang amat tinggi. Akan tetapi, lapisan itu kemungkinan akan retak-retak sewaktu dikarbonasi. Karena itu, peralatan harus dipanaskan kembali dengan cara pemanggangan di dalam tungku pemanas.

3) Karbonasi dengan perantara gas

Gas digunakan sebagai bahan perantara yang sesuai untuk karbonasi yang dilakukan terus-menerus. Hal itu akan menghasilkan suatu lapisan dengan tebal sekitar 1 mm dan memerlukan waktu sekitar 4 jam. Selama proses karbonasi, peralatan dimasukkan ke dalam dapur pemanas yang dipanaskan dengan gas karbon yang sesuai. Kandungan karbon di dalam lapisan komponen dapat dikontrol dengan mengatur komposisi gas untuk karbonasi.

2. Proses Perlakuan Panas

Pelaksanaan karbonasi yang memerlukan waktu lama akan menyebabkan terjadi pertumbuhan butir-butiran baru, kecuali kalau baja disepuh dengan perantara nikel.

Peralatan yang dikarbonasi dengan perantara perlakuan panas dan menghasilkan butir-butiran adalah suatu baja yang akan mempunyai lapisan sekitar 0,83% karbon dan intinya sekitar 0,15% karbon. Secara berangsur-angsur butir akan berpindah dari lapisan luar ke arah inti sekitar 0,5 mm.

Suhu perlakuan panas untuk inti akan lebih tinggi daripada suhu untuk lapisan, sehingga baik sekali apabila pengerjaan lapisan dengan inti dilakukan secara terpisah.

a. Pengerjaan Inti

Pengerjaan inti pertama kali dilakukan dengan cara pemanasan kembali baja pada suhu sekitar 870°C untuk memurnikan intinya yang menghasilkan struktur yang seragam. Selanjutnya, baja didinginkan secara cepat (tibia) untuk mencegah pertumbuhan butir-butiran baru selama proses pendinginan. Suhu pemanasan dalam proses ini lebih

tinggi daripada suhu untuk pengerjaan lapisan baja yang mengakibatkan dihasilkan austenit yang berbentuk kasar. Oleh karena bentuknya kasar maka sewaktu baja didinginkan tiba-tiba akan dihasilkan martensit yang luar biasa rapuhnya. Lapisan luar dan lapisan di atas (mendekati) inti harus dimurnikan kembali setelah dilakukan permurnian bagian intinya.

b. Pemurnian Lapisan

Pada proses ini baja dipanaskan sekitar 760°C yang didasarkan atas komposisi lapisannya sewaktu dilakukan pembersihan lapisan dan dilakukan penyepuhan pada lapisan di atas inti. Selanjutnya, baja didinginkan secara tiba-tiba dari suhu tersebut di atas. Baja seringkali dilakukan pengerjaan terakhir dengan cara disepuh pada suhu sekitar 200°C untuk mengurangi (melepaskan) tegangan yang terjadi pada baja yang diakibatkan pendinginan tiba-tiba.

Beberapa perbedaan yang terdapat di dalam proses penyepuhan keras dari Beberapa penjelasan di atas adalah sebagai berikut.

- 1) Sewaktu baja campuran disepuh keras dengan menggunakan nikel sekitar 3 - 5% maka proses karbonasi yang digunakan tidak akan menghasilkan pertumbuhan butir-butiran dan pembersihan bagian intinya tidak dipentingkan.
- 2) Apabila komponen sewaktu digunakan tidak menjadi atau menghasilkan tegangan yang tinggi maka proses pemurnian inti tidak perlu dilakukan, walaupun baja tidak mengandung nikel.
- 3) Apabila baja mengandung nikel atau apabila komponen tidak mungkin menghasilkan tegangan yang tinggi, dalam pemakaiannya dilengkapi dengan kelebihan logam pada bagian permukaan yang akan dikeluarkan / disayat. Setelah komponen dikeraskan maka

komponen dapat didinginkan secara langsung dari karbonasi. Dan seterusnya disepuh untuk mengeluarkan tegangan yang terjadi sewaktu pendinginan berlangsung, cara seperti ini disebut "pendinginan cawan".

3. Menitrid (Pengerasan Permukaan)

Menitrid dapat didefinisikan sebagai suatu proses pengerasan permukaan. Dalam hal ini, baja paduan spesial dipanaskan untuk waktu yang lama dalam suatu atmosfer dari gas nitrogen.

Hasil dari pengerjaan nitrid adalah menghasilkan suatu permukaan yang keras. Supaya dihasilkan permukaan yang keras dengan cara ini maka digunakan suatu baja paduan yang mengandung sedikit unsur kromium dan aluminium sesuai dengan kekerasan yang akan dihasilkan. Apabila baja karbon biasa yang dilunakkan dalam proses ini maka proses nitrid akan membentuk seluruh struktur dengan pengaruh yang kecil atas sifat-sifatnya. Kandungan karbon pada baja yang dinitrid adalah sekitar 0,2 - 0,5% sesuai dengan sifat-sifat inti yang diperlukan. Dan baja tersebut akan bereaksi secara langsung terhadap pengerjaan pengerasan. Peralatan yang dinitrid diberi pengerjaan panas selama tingkat awal daripada pengerjaan mesin, untuk memperbaiki kekuatan intinya.

Pengerjaan ini terdiri dari proses pengerasan dengan pendinginan tiba-tiba dalam minyak. Selanjutnya, diikuti dengan penyepuhan pada suhu sekitar 550 - 750° C yang tergantung atas komposisi dan sifat-sifat baja yang diperlukan.

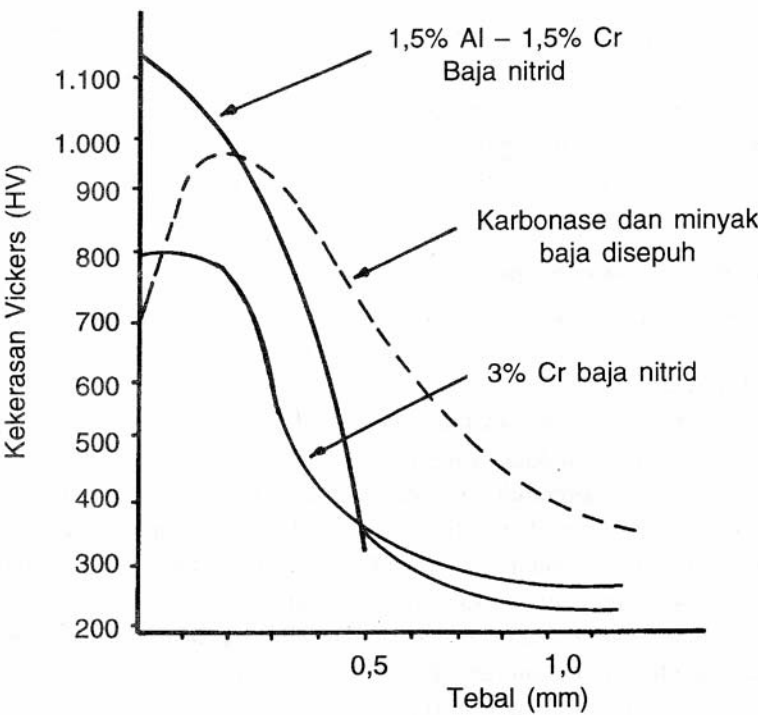
Sebelum baja diselesaikan dengan pengerjaan mesin maka baja dipanaskan pada suhu sekitar 550°C selama lebih dari 7 jam. Seterusnya

didinginkan secara perlahan-lahan untuk mengeluarkan tegangan yang terjadi pada bahan dan memperkecil perubahan selama proses nitrid karena tidak dilakukan pendinginan tiba-tiba. Baja tidak akan rusak dari perubahan yang terjadi dari pendinginan yang tiba-tiba.

Hal-hal yang terpenting dari proses nitrid adalah sebagai berikut.

- 1) Proses menitrid yang terdiri dari pemanasan peralatan pada suhu 500°C yang dilakukan dalam sirkulasi yang tetap dari gas amoniak yang lamanya di atas 100 Jam. Tingkat awal dari proses nitrid adalah menghasilkan lapisan yang tebalnya sekitar 0,1 mm dalam waktu 10 jam. Tetapi, apabila proses diteruskan maka kecepatan perembesan (penetrasi) berkurang. Proses tersebut memerlukan waktu sekitar 100 jam untuk memperoleh ketebalan lapisan sekitar 0.7 mm.

Selama proses nitrid peralatan dimasukkan ke dalam tromol (boks) tertutup rapat yang hanya dapat memasukkan dan mengeluarkan amoniak. Selanjutnya, peralatan dipanaskan dari luar dengan gas. Pada penyelesaian pemanasan, amoniak tetap mengadakan sirkulasi sampai suhu turun pada sekitar 150°C. Kemudian tromol dibuka dan dilakukan pendinginan secara lengkap di udara. Setelah pengerjaan ini, komponen dapat dipukul (ditempa) apabila diperlukan untuk mengeluarkan lapisan-lapisan tipis yang dihasilkan pada permukaan komponen.



GAMBAR 32 PERBANDINGAN TEBAL KEKERASAN UNTUK PENYEPUHAN DAN NITRID

- 2) Untuk menjaga daerah permukaan komponen tetap lunak maka komponen dapat dilapisi dengan timah, tembaga atau nikel atau menggunakan bahan, pelapis yang sesuai. Hal itu bertujuan untuk memperoleh lapisan endapan yang tebalnya sekitar 0,07 mm. Penitridan ini menyebabkan terjadinya pertambahan diameter sekitar 0,02 - 0,05 mm atau sekitar 0,015 mm pada penampang sisi siku-sikunya. Untuk pengerjaan penyelesaian yang teliti biasanya dibolehkan diberikan batas kelonggaran pada permukaan kokomponen diantara 0,02 – 0,07 mm.
- 3) Untuk memperoleh permukaan yang keras tergantung pada komposisi baja yang digunakan. Baja dengan 3% Cr akan memperbaiki kekerasannya

sekitar 850 HV (kekerasan Vickers) dan baja dengan 1,5% Cr dan 1,5 % Al memperbaiki kekerasannya sekitar 1.100 HV.

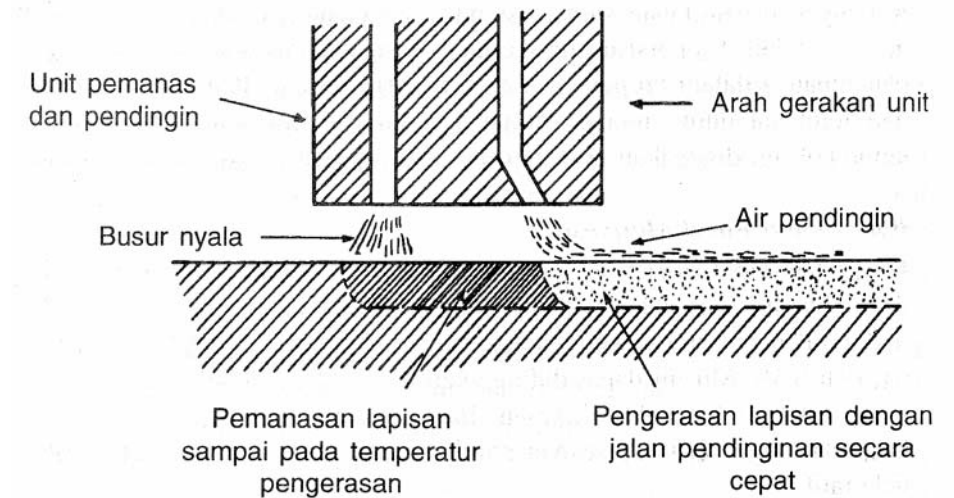
- 4) Proses nitrid adalah suatu proses pengerasan permukaan yang ideal untuk menghasilkan dalam skala besar, tetapi kurang ekonomis untuk menghasilkan dalam skala kecil. Proses ini khususnya, baik untuk peralatan yang menerima suhu yang tinggi sewaktu pemakaian. Karena, peralatan yang dinitrid tidak akan turun kekerasannya sampai suhu 500°C. Selain itu, tidak seperti peralatan yang disepuh keras yang akan turun kekerasannya sewaktu suhunya mencapai 200°C.

4. Pemanasan Hanya Permukaan Komponen

Cara ini digunakan apabila suatu komponen terbuat dari baja yang secara langsung dapat dikeraskan, tetapi pengerasannya berlangsung dengan pemanasan yang amat cepat pada pemanasan intinya. Pemanasan yang hanya dilakukan pada permukaan komponen mempunyai dua macam cara, yaitu pengerasan busur nyala dan pengerasan induksi.

1. *Pengerasan Busur Nyala*

Proses ini disebut juga proses pengerasan dalam waktu yang singkat. Baja dengan kandungan karbon yang sesuai tingginya dapat dipanaskan sampai suhu pengerasan dengan busur nyala gas asetilen. Dan seterusnya didinginkan secara cepat untuk memperoleh permukaan yang keras. Perhatikan Gambar 33!



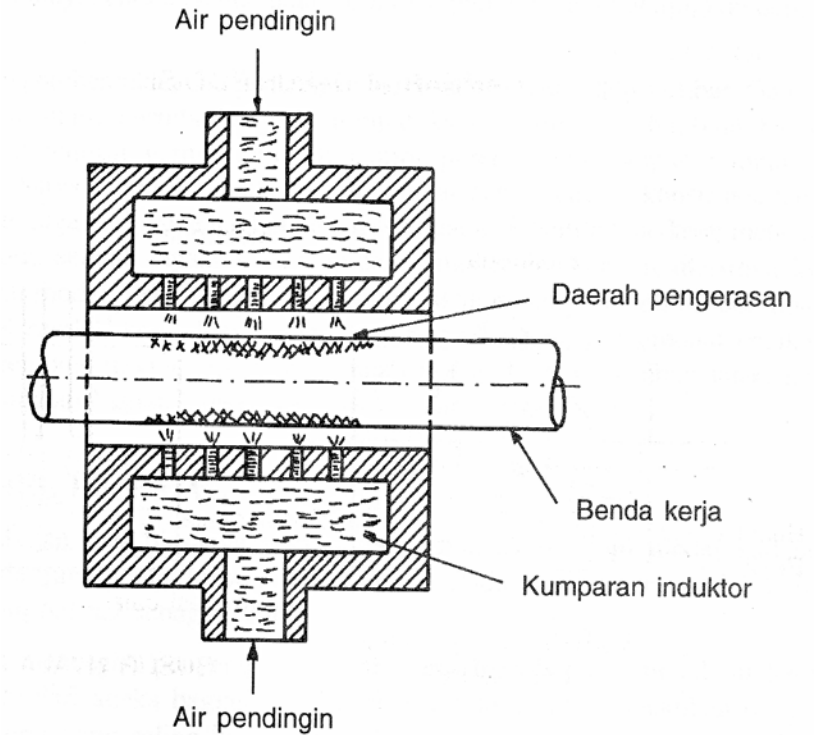
GAMBAR 33 Pengerasan Busur Nyala

Cara pengerasan busur nyala sesuai untuk pengerasan lapisan sampai lebih dari 0,8 mm dalamnya dari lapisan permukaan. Suhu busur nyala harus di atas suhu pencairan baja, agar dalam proses ini dihasilkan pemanasan yang cepat. Selain itu, kemungkinan dapat terjadi bahaya pencairan setempat apabila dilakukan pengerasan lapisan yang cukup dalam. Dalam cara ini baja harus mempunyai kandungan karbon sekitar 0,4 - 0,7% yang bereaksi terhadap pengerjaan ini. Sehingga untuk memperoleh kekerasan baja tergantung pada komposisi dan kondisi dari baja. Adapun cara-cara pengerasan permukaan yang dilakukan dengan cara ini adalah sebagai berikut.

- 1) Permukaan komponen dipanaskan setempat (daerah yang akan dikeraskan) dan kemudian komponen didinginkan secara cepat dalam suatu tangki pendinginan yang terpisah.

- 2) Pemanasan dan pendinginan dilakukan setahap demi setahap. Busur nyala dan air pendinginan yang dipercikkan bekerja terus-menerus, dan permukaan melintang yang dilaluinya menjadi keras. Kecepatan gerakan unit pemanas dan pendinginan di atas permukaan komponen dapat dikontrol sehingga dihasilkan kekerasan permukaan komponen yang sesuai keperluan. Pemanasan dan pendinginan yang bertahap dapat dilakukan dengan menggunakan satu unit gabungan yang terdiri dari peralatan busur nyala dan percikan air. Peralatan yang akan dikeraskan ditempatkan di bawahnya dan dapat bergerak dengan kecepatan 3 m/detik yang digerakkan oleh ban transpor.
- 3) Komponen yang akan dikeraskan bergerak berputar mengelilingi busur nyala yang tetap (tidak bergerak) dan seterusnya dipercikkan air pendinginan atau dicelupkan ke dalam air pendingin. Komponen yang berukuran panjang dapat berputar, sementara itu unit busur nyala bergerak bolak-balik paralel terhadap sumbu putarnya. Komponen dapat dikerjakan dengan cara ini, yang kedudukannya harus simetris terhadap perputaran sumbu. Setelah dilakukan pengerasan busur nyala, biasanya baja yang telah dikeraskan dilakukan penyepuhan dan apabila diperlukan hal itu dapat dilakukan dengan pemanasan busur nyala.

b. Pengerasan Induksi



GAMBAR 34 PRINSIP Pengerasan Induksi

Pengerasan induksi termasuk suatu cara pengerasan permukaan. Komponen yang akan dikeraskan ditempatkan di dalam suatu gulungan (koil) induktor dan kemudian dimasukkan arus listrik frekuensi tinggi. Dapur yang digunakan hampir sama dengan dapur untuk menghasilkan baja paduan. Tetapi dapur ini dilengkapi dengan suatu silinder air berlubang yang bersatu dengan kumparan dan berfungsi sebagai unit pendingin. Perhatikan Gambar 34 !

Permukaan komponen yang akan dikeraskan, dipanaskan mencapai suhu pengerasan yang berlangsung sangat cepat. Selanjutnya, didinginkan dengan cepat sewaktu komponen masih tetap di dalam kumparan. Pengerasan lapisan yang tebalnya mencapai 3 mm dilakukan dengan cara pemanasan hingga mencapai suhu pengerasan. Cara tersebut dapat dilakukan dengan pengerjaan selcempat (lokal).

Proses pengerasan induksi lebih sesuai untuk baja dengan kandungan karbon sekitar 0,45%. Dalam cara ini suhu yang dihasilkan dapat dikontrol dengan pengaturan kumparannya, yaitu dengan mengatur jarak antara kumparan dengan permukaan komponen yang akan dikeraskan.

BAB VII

BAHAN SINTESIS

(Bahan Non Logam)

A. PENDAHULUAN

Bahan sintetis banyak digunakan pada industri permesinan, dari industri kecil sampai industri besar. Pengolahan bahan-bahan sintetis lebih murah dibandingkan dengan bahan yang didapatkan dari pertambangan. Sehingga kalau ditinjau dari segi ekonomi dan proses, bahan sintetis lebih murah dan lebih cepat daripada bahan tambang.

Pabrik pengolahan bahan-bahan sintetis bisa ditempatkan di mana saja dan tidak harus berdekatan dengan bahan asal yang akan diperolehnya. Sehingga dalam perencanaannya pun tidak terlalu sulit dibanding pabrik yang harus mengolah bahan-bahan yang berasal dari tambang.

B. PLASTIK

Plastik merupakan bahan yang sangat penting dalam dunia permesinan dan industri modern. Plastik adalah bahan sintetis berasal dari minyak mineral, gas alam, atau dibuat dari bahan asal batu bara, batu kapur, udara, air dan juga dari binatang dan tumbuh-tumbuhan. Pengolahannya biasanya dikerjakan pada proses pemanasan dan tekanan.

Sifat-sifat plastik pada umumnya adalah sebagai berikut.

1. Tahan korosi oleh atmosfer ataupun oleh beberapa zat kimia.
2. Berat jenisnya cukup rendah, sebagian mengapung dalam air, tetapi umumnya lebih berat.
3. Beberapa cukup ulet dan kuat, tetapi kekuatannya di bawah logam. Akan tetapi karena berat jenis plastik lebih rendah, didapatkan perbandingan yang menarik antara kekuatan dan berat.

4. Kebanyakan bahan termoplastik mulai melunak pada suhu yang sangat rendah, sedikit mempunyai wujud yang menarik dan dapat diberi warna, ada juga yang transparan (tanpa warna).

Sifat mekanik terpenting dari plastik adalah tidak mudah pecah karena Pukulan (tidak rapuh). Beberapa bahan plastik koefisien geseknya sangat rendah sehingga sering digunakan sebagai bantalan kering. Keburukan-keburukan plastik adalah sebagai berikut.

1. Kecenderungannya memuai yaitu menjadi lebih panjang dengan adanya beban.
2. Di atas suhu 200°C sifatnya menjadi kurang baik.
3. Terjadi perubahan polinier selama pemakaian yang kemungkinan sekali karena aksi dari sinar ultra violet.

Bahan plastik dibagi dalam dua golongan yaitu plastik termoseting dan termoplastik.

I. Termoseting

Bahan ini keras dan mempunyai daya tahan panas yang tinggi. Proses pengerjaan plastik termoseting adalah sebagai berikut.

Bahan baku (resin) berbentuk biji-biji kering dan bahan tambahan dimasukkan ke dalam cetakan lalu dipanaskan hingga 150°C. Kemudian ditekan dengan gaya kira-kira 150 atm. Bahan ini akan mencair dan memenuhi model. Selanjutnya dipanasi lagi hingga bahan tersebut mengeras, lalu tutup cetakan dibuka dan benda tersebut diangkat. Proses itu berlangsung pada temperatur tinggi.

Untuk mendapatkan permukaan benda yang halus cetakan harus dipoles, terutama digunakan dalam pembuatan alat-alat listrik, tread bushing, dan bearing hushing.

Bahan-bahan termoseting yaitu sebagai berikut.

a. Fenol Formaldehid

Bahan-bahan termoseting digunakan secara umum adanya polimer dasar dari fenol dan formaldehid. Penggabungan dua polimerisasi ini dengan sejumlah reaksi kondensasi. Hasil polimer murni berwarna putih susu dan lama kelamaan menjadi gelap. Butiran fenolik untuk dicetak lalu dicampur dengan bahan pewarna untuk mendapatkan warna gelap yang konstan. Salah satu nama dagang untuk fenolik "Bakelite".

Kadang-kadang butiran fenol diberi pengisi (bahan tambahan) yang berkisar antara 50 - 80% dari berat seluruhnya untuk meningkatkan kekuatan tumbuk. Pada prinsipnya penggunaan fenol formaldehid untuk peralatan listrik, pegangan pintu, dan sebagainya. Pemakaian sebagai laminasi paling banyak untuk isolasi listrik. Beberapa fenolik resin adalah cold setting, yaitu lem atau perekat untuk pembuatan *plywood* dan *hardboard*.

b. Urea Formaldehid

Urea resin lebih murah daripada fenolik, warna lebih terang dan macam warna tak terbatas, di samping itu tidak berbau, tidak ada rasa dan tahan air. Selain sebagai lem yang tahan basah juga digunakan untuk tutup botol, peralatan makan, dan sebagainya.

c. Melamin Formaldehid

Bahan ini dihasilkan dengan metode yang lama dan mempunyai sifat yang serupa dengan fenol formaldehid atau urea formaldehid. Sifat-sifat melamin formaldehid yaitu tidak berbau, tidak ada rasa dan macam warna tak terbatas. lebih tahan air, tahan alkali, dan tahan pangsas. Jenis

pemakaiannya yaitu untuk alat-alat makan, peralatan rumah tangga, untuk bagian larutan., dan sebagainya.

2. Termoplastik

Termoplastik tersusun dari molekul-molekul panjang. Jikalau molekul panjang itu diumpamakan sebagai sebuah garis yang ditarik dan kita letakkan umpamanya dua buah molekul panjang berdampingan maka mennperlihatkan suatu gambaran dari suatu termoplas dalam keadaan padat.

Jika termoplas itu dipanaskan, untuk menjaga keseimbangan maka molekul panjang akan bergerak lebih banyak. Suhu pernanasan yang menyebabkan proses ini dinamakan "**suhu pelunak**". Bila termoplastik dipanaskan lebih lama, molekul panjang akan bergerak keluar dari keseimbangannya dan berpindah tempat terhadap satu lama lain. Suhu pada saat tersebut dinamakan "**suhu turner**" dan bahan menjadi cair.

Antara fasa padat dan cair terdapat fasa antara tambahan, saat itu bahan berada dalam keadaan lunak. Dalam keadaan itu bahan dikatakan plastis. Jadi termoplastik adalah bahan yang menjadi plastis karena pemanasan dan bentuknya dapat diubah dalam keadaan plastis itu.

a. *Bahan-Bahan Termoplastik*

1) Polietilen

Polietilen/politen terjadi dari polimerisasi ether, polimer dasar dicampur dengan bermacam-macam tambahan untuk menghasilkan bahan yang cocok untuk dituang.

Prinsip penambahan adalah sebagai berikut.

- I) Lebih dari 2% karbon hitam, memperbaiki stabilitas bahan apabila terkena sinar matahari secara langsung.
- 2) Lebih dari 10% bahan karet mencegah terjadinya pecah pigmen menghasilkan warna yang diinginkan.

Polietilen mempunyai ketahanan terhadap larutan kimiawi, selain itu ulet dan fleksibel dengan adanya pengaruh suhu. Mempunyai suhu pelunakan yang rendah dan dapat dicetak dalam bermacam-macam bentuk. Penggunaan pokok untuk isolasi listrik, alat-alat dapur, boneka, dan sebagai lembaran untuk pembungkus.

2) Polivinil Khlorida (PVC)

Monomer vinil klorida ($\text{CH}_2 = \text{CH} \cdot \text{Cl}$) berasal dari etilen dan siap untuk polimerisasi dengan penambahan proses untuk menjadi suatu polimer linear, dengan adanya atom klorin menyebabkan hubungan molekul dipolarisasikan dan mengakibatkan gaya tarik yang tak menentu di antara molekul-molekul. Hal inilah yang menyebabkan material ini betul-betul keras dan kaku pada suhu biasa.

Tambahan-tambahan yang dicampurkan dengan PVC adalah pigmen untuk mendapatkan warna, *plasticiser* untuk mendapatkan sifat plastik dan filler untuk mendapatkan suatu sifat atau harga yang lebih murah. PVC mempunyai sifat yang tahan zat kimia dan larutan keras, untuk mcmbuat tangki kimia, pipa-pipa, isolasi kawat listrik, mantel, dan sebagainya.

3) Polistiren

Polistiren dihasilkan dengan penambahan polimerisasi dari stiren ($\text{CH}_2 = \text{CH} \cdot \text{C}_6\text{H}_5$). Polistiren adalah bahan yang rapuh dan

transparan, dengan mencampurkan bahan-bahan yang lain, suatu polistiren yang ulet dengan ketahanan tumbuk dapat dihasilkan dan kini sangat lunak digunakan sebagai bahan cetak.

Untuk menghasilkan bahan cetak dari polistiren yang ulet, polimer polistiren dasar dicampur dengan 5 - 25% stiren-butadiene kopolimer. Polistiren tahan asam dan juga sangat bagus sebagai isolator listrik, dan dapat juga dengan mudah dimuaikan seperti busa padat. Polistiren kebanyakan digunakan dalam perlengkapan listrik, bagian dari refrigerator, tempat makanan, boneka, dan busa padat untuk isolasi dan paking. Stiren kopolimer lain yang cukup penting adalah ABS, yakni polinier tambahan dari stiren, butadien dan akrilonitril. ABS tahan asam, alkali, dan beberapa larutan minyak mineral keras, dipakai dalam pembuatan komponen bodi motor, kotak baterai, dan barang cetakan lainnya.

4) Poliamide dan Poliester

Poliamide dan poliester dihasilkan dengan reaksi kondensasi polimerisasi, nama yang umum untuk poliamide linear adalah nilon. Nilon termasuk grup bahan yang sangat kuat, ulet, dan juga mempunyai ketahanan gesekan. Biasanya cukup fleksibel dan dengan ketahanan tumbuk yang tinggi.

Nilon mempunyai sifat tahan terhadap larutan keras dan zat kimiawi, selain itu cenderung menyerap air yang menyebabkan berkurangnya kekuatan dan ketahanan terhadap kejutan.

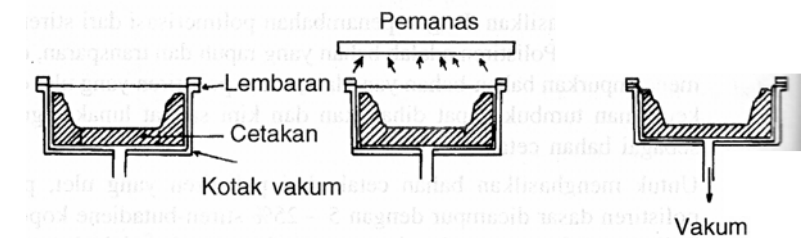
Prinsip penggunaan nilon untuk dibuat serat dan dicetak untuk perlengkapan listrik, roda gigi, katup-katup, dan bantalan. Polietilen terephtalate (terilen) adalah hasil linear poliester dengan kondensasi

dari terephtalic acid dan etilen glikol. Pada prinsipnya digunakan untuk membuat serat dan dibuat secara ekstrusi dari keadaan cair seperti halnya membuat serat nilon.

b. Metode Pembentukan Termoplastik

1) Proses pembentukan vakum

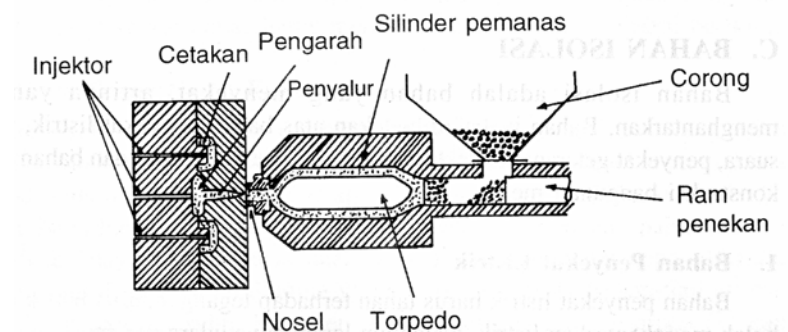
Pembentukan cara ini dilakukan untuk komponen yang relatif besar, dalam metode ini tidak dibutuhkan cetakan yang mahal ataupun mesin yang mahal.



GAMBAR 53 PEMBENTUKAN VAKUM

2) Pembentukan dengan injeksi

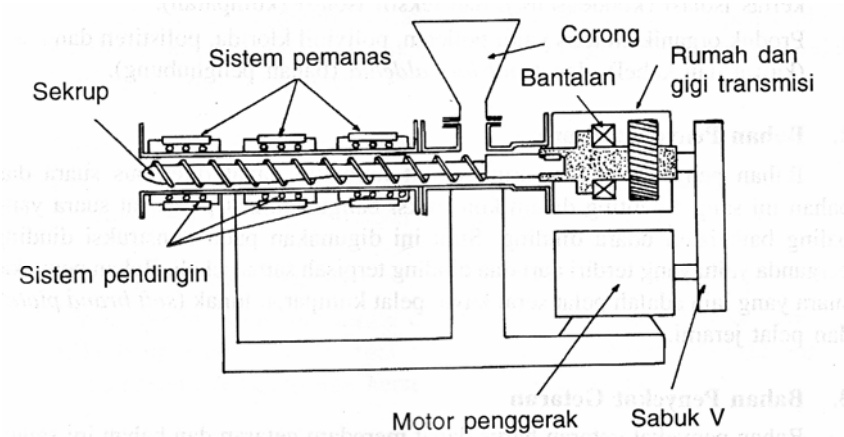
Pembentukan injeksi khususnya dilakukan untuk polistiren, politilen, poliamide. Resin tersebut pertama-tama dipanaskan pada silinder pemanas kemudian ditekan melalui lubang laluan menuju ke cetakan yang mana dengan pendinginan akan menjadi padat.



GAMBAR 54 PEMBENTUKAN DENGAN INJEKSI

3) Pembentukan dengan proses ekstrusi

Mesin extruder dapat juga digunakan untuk pembentukan injeksi tetapi terutama untuk menghasilkan bahan-bahan yang panjang seperti lembaran plastik, pelapis kabel, pipa plastik, dan film. Ekstrusi adalah proses yang menggunakan panas dan tekanan untuk melelehkan polietilen dan polivinil klorida yang didorong melewati cetakan dengan ukuran yang sangat teliti pada produksi bersambung.



GAMBAR 55 MESIN EXTRUDER

C. BAHAN ISOLASI

Bahan isolasi adalah bahan yang menyekat, artinya yang tidak menghantarkan. Bahan isolasi dibedakan atas bahan penyekat listrik, penyekat suara, penyekat getaran, penyekat panas, penyekat bangunan, dan bahan penyekat konstruksi bangunan mesin.

1. Bahan Penyekat Listrik

Bahan penyekat listrik harus tahan terhadap tegangan, arus listrik dan tidak boleh menghantarkan listrik, walaupun lembapnya udara dan buruknya keadaan suhu. Bahan-bahan penyekat listrik yaitu :

- a. Produk alam yaitu mika (kolektor) dan asbes (oven listrik).
- b. Bahan keramik yaitu porselen dan steatif (isolator) dan kaca (lampu dan pipa).
- c. Zat cair yaitu minyak isolasi (transformator dan kabel) dan lak isolasi (kawat).
- d. Lapisan tekstil dan kertas yang diintegrasikan yaitu prespan (isolasi alur), kertas isolasi (kondensator), dan tekstil isolasi (kumparan).
- e. Produk organik sintetis yaitu polieten, polivinil klorida, polistiren dan karet (kawat dan kabel), dan fenol formaldehid (bahan penghubung).

2. Bahan Penyekat Suara

Bahan penyekat suara harus sedikit mungkin dapat ditembus suara dan bahan ini sangat penting dalam konstruksi bangunan. Zat penyekat suara yang paling baik ialah udara dinding. Sifat ini digunakan pada konstruksi dinding berganda yaitu yang terdiri dari dua dinding terpisah sama sekali. Bahan penyekat suara yang lain adalah pelat serat kayu, pelat kumparan lunak (soft brand plate), dan pelat jerami.

3. Bahan Penyekat Getaran

Bahan penyekat getaran harus dapat meredam getaran dan bahan ini sangat penting dalam konstruksi bangunan-bangunan mesin dan kendaraan. Bahan penyekat getaran yang terpenting adalah kulit dan karet. Penggunaan yang tersebut terkenal bahan ini ialah untuk kopling elastis dengan piringan antara dari kulit dan karet.

4. Bahan Penyekat Panas

Bahan penyekat panas hampir tidak boleh menghantarkan panas dan bahan ini sangat penting dalam konstruksi bangunan gedung dan konstruksi bangunan mesin. Bahan penyekat panas harus memenuhi syarat-syarat sebagai berikut.

a. *Koefisien Panas Harus Rendah*

Panas selalu berpindah dari suhu yang lebih tinggi ke suhu yang lebih rendah dan keadaan ini dinamakan penghantaran panas. Penghantaran panas terjadi dalam semua zat akan tetapi nilai hantar dari tiap zat itu berbeda-beda.

Nilai hantar itu diucapkan dalam koefisien daya hantar panas (kalor). Koefisien daya hantar panas ialah banyaknya joule yang dapat dihantar dalam satu detik melalui dinding yang tebalnya 1 m, pada tiap-tiap m^2 dan tiap $^{\circ}C$ perbedaan suhu, koefisien ini ditunjukkan dengan tanda (λ) dan diucapkan dalam J/det $^{\circ}C$ m.

Tentu sudah dapat dipahami, bahwa untuk bahan penyekat panas dipilih bahan dengan koefisien daya hantar panas yang rendah.

b. *Daya Tahan Lembap Yang baik*

Jikalau bahan isolasi mengambil air dari sekitarnya, koefisien daya hantar panas dari bahan ini akan jauh lebih tinggi. Dalam bangunan mesin biasanya di sekeliling isolasi diberi lapisan penutup untuk mencegah pengambilan air itu. Lapisan penutup itu sekaligus melindungi isolasi dari kerusakan oleh tangga dan sebagainya.

c. *Daya Tahan Suhu yang Tinggi*

Jikalau harus disekat suatu medium dengan suhu yang tinggi maka bahan isolasinya harus juga mempunyai daya tahan terhadap suhu yang tinggi itu.

d. *Massa Jenis yang Rendah*

Karena bahan isolasi itu, massa dari konstruksi bertambah besar terutama pada bangunan mesin, sangat penting artinya untuk menjaga supaya penambahan massa tersebut berada serendah mungkin.

5. Bahan Penyekat Bangunan

Udara diam merupakan zat penyekat panas yang sangat baik Udara diam mempunyai koefisien daya hantar panas yang paling rendah yaitu 0,02 J/det $^{\circ}C$ m. Konstruksi dinding berlapis, di mana udara diam terdapat suara yang baik, juga bekerja sebagai isolasi panas yang sempurna. Bahan penyekat panas yang lain ialah: kayu, pelat serat kayu, pelat gabus, pelat damar buatan, pelat beton batu apung, pelat semen asbes, dan kertas yang dipreparasikan.

6. Bahan Penyekat Konstruksi Bangunan Mesin

Bahan penyekat panas untuk konstruksi bangunan mesin. Di samping ketel uap, tangki penyimpan uap dan sebagainya dalam bangunan mesin terutama disekat berbagi macam saluran. Pada saluran uap tujuannya untuk menyekat panas, pada saluran air untuk menghindari kondensasi pada saluran yang sangat mengganggu itu.

Sayang sekali penggunaan udara diam sebagai zat penyekat panas tidak mungkin dilakukan terhadap saluran. Untuk saluran dapat dipilih bahan penyekat panas yang mengandung udara diam, karena struktur serat atau karena sifat berporinya.

D. JENIS BAHAN PENYEKAT

1. Tembaga dan Aluminium

Cara kerja penyekatan panas dari tembaga dan aluminium berdasarkan pada pantulan panas (kalor) yang besar dari kedua bahan tersebut. Hal itu berarti bahwa bahan tersebut dapat memantulkan panas

kembali dengan sempurna. Tembaga dan aluminium sesuai untuk isolasi pancaran panas oleh motor bensin dan motor diesel.

2. Wol Terak dan Wol Kaca

Di samping gas dan besi kasar cair dari dapur tinggi diperoleh terak dalam keadaan cair. Terak cair itu dapat dikabutkan dengan pancaran uap menjadi massa berpori seperti wol, dan terak ini dinamakan wol terak. Menurut cara yang serupa, kaca cair dapat dikabutkan menjadi wol kaca.

Wol terak dan wol kaca mempunyai koefisien daya hantar panas sebesar $0,06 \text{ J/det } ^\circ\text{C m}$ dan tahan suhu sampai 500°C . Wol ini tidak tahan getaran karena seratnya akan putus dan karena itu koefisien daya hantar panas meningkat.

Jenis wol ini dipasang di atas kasa logam dan digabung serta dilindungi oleh sebuah mantel pelat baja, wol itu dapat dikerjakan menjadi tikar, pelat, dan cetakan.

3. Magnesia

Magnesia diperoleh dengan cara kimia dari magnesit (MgCO_3), magnesia mempunyai koefisien daya hantar panas sebesar $0,07 \text{ J/det } ^\circ\text{C m}$. Magnesia tahan suhu sampai 500°C dan massa jenisnya rendah. Untuk menambah kekuatannya, magnesia itu biasanya dicampur dengan serat asbes atau diolah menjadi pelat dan cetakan.

4. Tanah Kersik

Tanah kersik ialah bahan galian fosil yang terdiri dari kulit kersik binatang laut yang kecil-kecil. Tanah kersik mempunyai koefisien daya hantar panas sebesar $0,07 \text{ J/det } ^\circ\text{C m}$ dan tahan suhu sampai 500°C .

Tanah kersik itu dicampur dengan serat asbes atau diolah menjadi pelat dan cetakan.

5. Asbes

Asbes adalah zat mineral, asbes mempunyai koefisien daya hantar panas sebesar $0,12 \text{ J/det } ^\circ\text{C m}$. Asbes sama sekali tak dapat terbakar dan tahan suhu sampai 700°C . Asbes dapat ditenun menjadi tali, pita kaos dan kain, serta dapat juga dikempa menjadi pelat dan cetakan.

E. BAHAN PAKING

Bahan paking ialah bahan yang digunakan untuk perapat ruangan yang berisi zat cair atau gas. Sifat perapatannya dibedakan atas dua jenis, yaitu:

1) Perapatan statis

Adalah perapatan bagian yang tidak bergerak terhadap satu sama lain.

2) Perapatan dinamis

Adalah perapatan bagian-bagian yang bergerak terhadap satu sama lain. Perapatan dinamis ini dapat dibedakan dalam dua kelompok, yaitu perapatan bagian-bagian yang bergerak bolak-balik terhadap satu sama lain dan perapatan bagian-bagian yang berputar terhadap satu sama lain. Bahan paking dibedakan dalam kelompok bukan metalik, setengah metalik dan metalik.

1. Bahan Paking Bukan Metalik

a. Alat Perapat Statis

1) Kertas dan karton

Kertas dan karton dibuat dari campuran serat yang ditambah dengan perekat dan bahan pengisi. Sebagai serat digunakan serat kayu

(kikisan kayu), serat kain tua, atau serat jerami, dan juga serat kertas tua. Karton jerami yang diperoleh dari serat jerami kurang sesuai untuk digunakan sebagai bahan paking. Kertas dan karton digunakan sebagai paking pelat.

2) Fiber

Fiber terdiri dari lapisan-lapisan kertas yang diimpregnasikan (dijenuhkan) dengan damar buatan. Fiber digunakan sebagai paking pelat.

3) Gabus

Gabus berasal dari kulit pohon gabus. Gabus ini diikat berupa pelat dan digunakan sebagai paking pelat.

b. Alat Perapat Statis dan Dinamis

1) Kulit

Kulit diperoleh dari hewan. Untuk membuat bahan paking dari kulit. Kulit hewan berturut-turut harus dibersihkan, disamak, dan digemuki. Untuk menyamak jenis kulit yang berat, kulit tersebut biasanya dipotong lima, yaitu satu bagian leher, dua bagian perut dan dua krupon (bagian punggung).

Kulit yang berasal dari krupon dinamakan kulit inti. Untuk penggunaan teknik seperti umpamanya sabuk mesin dan paking biasanya digunakan kulit inti.

Menyamak ialah suatu proses pengawetan kulit sehingga kemudian kulit tidak akan rusak lagi. Penyamakan dilakukan dengan bahan penyamak tumbuh-tumbuhan, bahan penyamak sintetis atau bahan penyamak mineral. Kulit yang disamak dengan asam krom mineral

dinamakan kulit krom. Kulit selain dipakai dalam bentuk gelang juga sebagai paking pelat-pelat, terutama digunakan dalam bentuk manset sebagai paking perapat untuk batang.

2) Karet

Karet alam dan jenis karet sintetis karena kekenyalannya yang besar masih termasuk bahan paking yang terbaik. Akan tetapi bahan ini hanya sesuai untuk media tertentu, yaitu pada suhu, tekanan, dan kecepatan yang tidak terlampaui tinggi.

Karet dipakai sebagai paking pelat dan sebagai paking untuk perapat batang. Paking pelat ada yang diberi lapisan dalam dari linen dan ada yang dibuat tanpa lapisan tersebut.

3) Asbes

Asbes adalah silikat magnesium yang ditemukan di alam dalam bentuk serat. Dalam bentuk itu daya tahan suhunya kira-kira 500°C, akan tetapi, asbes biasanya diberi campuran karet dan grafit. Asbes digunakan sebagai paking pelat dan paking sumbat tabung. Paking sumbat asbes disediakan dalam berbagai bentuk.

4) Politetrafluoreten

Politetrafluoreten atau politetrafluor etilin itu ialah plastik termoplastis. Dalam keadaan murni daya tahan kimianya baik dan daya tahan suhunya kira-kira 260°C akan tetapi, bahan ini sering juga ditambahkan kepada asbes sebagai bahan impregnasi. Politetrafluoreten digunakan sebagai paking pelat dan paking sumbat tabung, dan tersedia dalam berbagai macam bentuk.

C. Alat Perapat Dinainis

Katun dan Rami

Bahan ini berasal dari tumbuh-tumbuhan. Benang kenaf, katun, dan rami diimpregnasikan dengan bahan pelumas yang dipilih secara khusus dan dijalin menjadi paking bujur sangkar untuk digunakan sebagai paking sumbat tabung.

2. Bahan Paking Setengah Metalik

a. Alat Perapat Statis

1) Karet dengan kasa tembaga

Karet diberi lapisan dalam dari kasa tembaga dan tersedia dalam bentuk palet.

2) Asbes dengan kasa tembaga

Paking ini terdiri dari kain asbes yang ditenun dengan tembaga. Keseluruhannya diimpregnasikan dengan suatu massa tahan panas dan kemudian diberi grafit pada salah satu sisi atau kedua belah sisinya.

3) Asbes dengan kasa baja

Pada kedua belah sisi kasa baja yang ditenun rapat dan kuat ditempelkan dengan tekanan tinggi suatu lapisan tipis asbes.

4) Asbes dengan salut tembaga yang tipis

Asbes diberi satu lapisan tipis salut tembaga dan dapat diperoleh sebagai barang jadi (umpamanya gelang dan paking kepala).

3. Bahan Paking Metalik

a. Alat Perapat Statis

Baja, tembaga, loyang, timbel, aluminium, dan nikel merupakan alat perapat statis. Bahan ini terutama digunakan dalam bentuk gelang. Gelang ini dapat diperoleh dalam penampang persegi panjang, bulat, bulat telur, bentuk lensa, atau bentuk lain yang diinginkan.

b. Alat Perapat Dinamis

Logam putih merupakan alat perapat dinamis. Logam putih digunakan sebagai paking sumbat tabung dalam berbagai macam bentuk.

Pilihan bahan

Pilihan bahan untuk paking tergantung pada beberapa hal sebagai berikut:

- 1) lingkungan (medium),
- 2) suhu,
- 3) tekanan,
- 4) kecepatan pada perapatan dinamis, dan
- 5) jenis konstruksi.

Sebagai lingkungan (medium) dapat dicatat antara lain: air, uap, udara dan gas lain, minyak, asam dan alkali, lindi, garam, dan sebagainya. Tentu kita dapat memahami bahwa medium itu sangat beragam jenisnya.

BAB VIII

PELUMAS

A. PROSES PENGOLAHAN MINYAK BUMI

Minyak bumi adalah zat cair yang licin dan mudah terbakar yang terjadi sebagian besar karena hidrokarbon, zat yang terdiri atas hidrogen dan karbon. Jumlah hidrokarbon dalam minyak berkisar antara 50% sampai 98%. Sisanya terdiri atas senyawa organik yang berisi oksigen, nitrogen atau belerang, air, kapur, dan tanah liat.

Dengan memisahkan hidrokarbon dari kotorannya (pada kilang-kilang minyak) diperoleh berbagai jenis bahan bakar, yakni bensin, minyak bakar, kerosin, dan sebagainya. Pada proses pembersihan ini terbentuk bahan sampingan Gas ini disimpan di bawah tekanan pada botol-botol baja atau disalurkan langsung sebagai bahan bakar atau terlebih dahulu ditekan hingga cair. Endapannya, terutama aspal, digunakan untuk pengeras jalan dan paraffin digunakan untuk bahan perapat.

Hidrokarbon dikelompokkan menjadi: parafin (C_nH_{2n+2}), olefin dan naftena (C_nH_{2n-4}), diolefin (C_nH_{2n-2}), aromatic (C_nH_{2n-6}) dan aspaltik (C_nH_{2n-4}).

Pada kondisi atmosfer hidrokarbon berwujud gas, pada $n = 1$ sampai 4; sebagai minyak ringan yang cepat menguap pada $n = 5$ sampai 15; dan minyak – minyak berat mempunyai $n = 16$ sampai 26.

Pengolahan minyak mentah ditujukan untuk:

1. Membuang kotoran - kotoran,
2. Memisah - misahkan minyak dalam beberapa komponen atau fraksi-fraksi, dan
3. Merengkah fraksi-fraksi menjadi berbagai golongan minyak.

Cara pengolahan yang digunakan tergantung pada jenis minyak yang diinginkan jenis minyak mentah yang tersedia. Adapun cara pengolahan minyak bumi yaitu dengan cara distilasi dan merengkah.

1. Cara Distilasi

Pembersihan minyak mentah terutama dilaksanakan dengan metode fraksi - fraksi (penyulingan). Prinsip pembersihan dengan cara distilasi berdasarkan perbedaan titik didih dari senyawa yang terdapat dalam minyak mentah, ada bagian ikatan yang dapat cepat menguap dan ada yang lambat. Pelaksanaan cara ini dilakukan dengan proses sebagai berikut. Minyak mentah diisikan ke dalam suatu menara fraksi tertutup, lalu bagian bawah menara dipanasi.

Oleh pemanasan ini bagian minyak yang bertitik didih rendah menguap lebih dahulu dan memisahkan diri dari pipa uap yang dihisungkan ke puncak menara kemudian diembunkan di dalam suatu tangki yang dilengkapi dengan pipa pendingin spiral. Cairan yang mengembun ditampung, itulah minyak yang mempunyai titik didih pada suhu tersebut.

Suhu pemanasan dalam menara fraksi ini ditahan konstan beberapa lama sehingga semua ikatan yang bertitik didih pada suhu tersebut habis menguap. Sesudah itu suhu pemanasan dinaikkan sampai suhu tertentu. Uapnya ditampung dan didinginkan dalam tangki lain sehingga diperoleh lagi minyak yang bertitik didih lebih tinggi. Kemudian suhu dinaikkan lagi dan diproses seperti urutan pelaksanaan pertama tadi. Demikian seterusnya, sehingga tinggal bagian yang berbentuk padat atau lumpur.

Hasil utama yang diperoleh dari penyulingan ini ialah bensin (gasoline), minyak tanah (kerosin), dan minyak bakar (Fuel oil). Susunan utama bensin terdiri dari 85% - 86% C dan bahan bakar motor diesel (minyak diesel) terdiri dari 85% - 88%, dan 15% - 10% H.

Dari dasar menara dikeluarkan residu kental, antara lain: minyak lumas, aspal, dan minyak berat yakni minyak yang bertitik didih tinggi atau sukar menguap. Makin tinggi letak pelapisannya di dalam menara, makin kecil berat jenisnya bahkan di puncak menara terkumpul bagian yang berwujud gas, yakni gas metana (LPG).

2. Merengkah

Tujuan utama proses ini ialah untuk memperbaiki kualitas bahan bakar sehingga efisiensi mesin dapat diperbaiki. Untuk itu perbandingan komponen hidrokarbon diubah dan ukuran serta susunan molekul-molekulnya diatur. Molekul-molekul yang tidak diinginkan dikeluarkan. Pelaksanaan ini dilakukan dengan bantuan bahan-bahan kimia (merengkah katalis) atau dengan penaikan suhu (merengkah termis).

Pada merengkah termis, hidrokarbon yang lebih berat memisahkan diri dari bagian-bagian yang lebih ringan. Bahan bakar motor diesel yang dihasilkan dengan cara ini pada umumnya lebih sukar menyala daripada yang dihasilkan secara distilasi, tetapi bensin yang dihasilkan lebih banyak dan kualitasnya juga lebih baik.

Merengkah secara katalis ialah mencampur minyak oleh bahan kimia (padat) yang dinamakan katalis, oleh bahan ini fraksi minyak yang berat jadi terpecah. Katalis bertugas untuk menimbulkan perubahan minyak secara kimia, minyak menjadi senyawa lain tanpa ia sendiri mengalami perubahan atau kerusakan. Metode ini lebih memadai

daripada merengkah termis, karena dapat mengerjakan minyak dalam jumlah besar serta kualitas bensin yang dihasilkannya juga lebih baik. Pembuatan bensin selain dengan cara distilasi atau merengkah dapat juga dibuat dengan cara polimerisasi atau ekstrusi.

B. BAHAN BAKAR BENGIN DAN DIESEL

1. Bahan Bakar Bensin

Bensin sering juga dinamakan gasoline atau petrol. Bensin untuk kendaraan bermotor dan pembangkit tenaga stasioner dibedakan atas bensin reguler dan bensin premium.

a. Bensin Reguler

Bensin reguler mengandung sedikit tetraethyllead karena itu mempunyai kualitas anti ketukan yang lebih baik dari bensin putih. Bensin ini dapat dipakai untuk semua mesin kompresi tinggi untuk kendaraan traktor dan truk pada kondisi biasa.

b. Bensin Premium

Bensin premium mempunyai sifat anti ketukan yang lebih baik dan dapat dipakai pada mesin kompresi tinggi pada semua kondisi. Sifat-sifat penting yang perlu diperhatikan pada bahan bakar bensin ialah kecepatan menguap, kualitas pengetukan (kecenderungan berdetonasi), kadar belerang, ketetapan (kemantapan) penyimpanan, kadar damar, titik beku, titik embun, titik nyala, dan berat jenis.

1) Kecepatan menguap

Sifat ini mempunyai peranan penting bagi bensin. Yang dimaksud dengan kecepatan menguap ialah sifat yang menyatakan tentang mudah tidaknya bensin itu menguap pada kondisi tertentu.

2) Kualitas berdetonasi

Pada akhir kompresi campuran udara dan bahan bakar di dalam silinder dinyalakan oleh percikan api dari busi, pembakarannya mulai terjadi di sekitar busi. Permukaan api bergerak menyebar ke semua arah, dan campuran yang disinggung api segera terbakar. Makin banyak bagian campuran yang terbakar makin banyak panas terbentuk, tekanan dan suhu juga naik. Kenaikan suhu dari bagian campuran yang belum dicapai oleh nyala atau permukaan api pada suatu saat dapat mencapai keadaan kritis, sehingga dapat terbakar sendiri. Batas tersebut dinamakan titik nyala.

Terbakarnya hapan-bagian yang belum dikenai api ini berlangsung sangat cepat dan menyebabkan kenaikan tekanan yang sangat tinggi. Peristiwa pembakaran yang demikian ini disebut detonasi. Detonasi merusak motor, terutama torak, batang penggerak, bantalan-bantalan, pena engkol, dan sebagainya. Bahan bakar yang mudah berdetonasi adalah heptana normal (C_7H_{16}), sedangkan yang sukar berdetonasi ialah iso oktana (C_8H_{18}). Karena itu molekul – molekul hidrogen di dalam bensin harus diatur sehingga membentuk molekul - molekul bensin yang diinginkan.

3) Bahan tambahan

Untuk menghambat terjadinya ketukan atau detonasi, maka diberi bahan tambahan. Kegunaan bahan tambahan antara lain sebagai berikut.

- (1) Mencegah oksidasi (*oxidation inhibitor*) untuk mencegah atau mengurangi pembentukan damar (*gum*) selama penyimpanan digudang.

- (2) Pencegah kerusakan logam, untuk melindungi bensin dari bahaya yang diakibatkan oleh logam-logam tertentu yang mungkin terbawa selama proses pembersihan atau di dalam sistem bahan bakar.
- (3) Pencegah pembentukan es, untuk mencegah permukaan es dalam karburator dan pipa-pipa dingin dari sistem bahan bakar.
- (4) Pembersih (*detergent*) untuk menjamin agar karburator tetap bersih.
- (5) Senyawa fosfor. untuk melindungi permukaan pengapian.

2. Bahan Bakar Diesel

Bahan bakar motor diesel berkualitas lebih rendah dari bahan bakar motor bensin. Yang terpenting dalam golongan bahan bakar motor diesel yaitu minyak gas (gas oil), minyak diesel dan minyak bakar.

Minyak gas (gas oil) dinamakan solar, digunakan pada motor diesel putaran tinggi misalnya pada kendaraan bermotor. Minyak itu diperoleh dengan cara mendistilasi minyak mentah. tepat sesudah penguapan fraksi bensin dan kerosin. Minyak diesel lebih berat dari minyak gas dan dipakai pada motor diesel putaran rendah. Minyak bakar lebih berat dari minyak diesel digunakan pada motor diesel putaran rendah.

Syarat yang harus dipenuhi oleh diesel ialah.

- 1) Harus dapat menyala tepat pada waktunya.
- 2) Harus mempunyai kesanggupan melumas katup-katup dan pompa-pompa bahan bakar;
- 3) Harus mempunyai viskositas rendah dan bahan bakar padat agar mudah mengalir melalui saluran-saluran sempit dan mudah dikabutkan; dan
- 4) Tidak mengandung kotoran atau unsur - unsur yang merusak.

Syarat-syarat lain yang harus dipenuhi :

- (1) Kualitas penyalaan,
- (2) Kecepatan menguap,
- (3) Residu karbon,
- (4) Viskositas,
- (5) Kadar belerang,
- (6) Kadar abu,
- (7) Kadar air dan sedimen,
- (8) Titik nyala dan titik alir,
- (9) Nilai bakar, dan
- (10) Berat jenis.

a. Kualitas Penyalaan

Kecenderungan bahan bakar untuk dengan sendirinya disebut kualitas penyalaan. Kualitas penyalaan yang baik menunjukkan kemudahan terbakar sendiri pada suhu yang rendah. Baik tidaknya kualitas penyalaan diukur dengan menggunakan bahan bakar standar yaitu cetan-alkan ($C_{16}H_{34}$) dan alfa metylnaptalene.

b. Kecepatan Menguap

Derajat kecepatan menguap bahan bakar dinyatakan dengan suhu ketika 90% bahan bakar sudah mengembun atau tersuling.

c. Residu Karbon

Bila semua bagian yang ringan telah diuapkan dengan pemanasan di dalam tabung tertutup tanpa pemasukan udara tinggallah sisanya residu karbon, pengukuran ini dimaksudkan untuk membentuk kerak atau endapan karbon pada bagian-bagian motor.

d. Viskositas

Ukuran tahanan fluida untuk dapat mengalir dinyatakan dalam waktu alir (detik) yang dibutuhkan untuk menghabiskan sejumlah fluida dengan volume tertentu melalui suatu pipa yang mempunyai ukuran tertentu pada kondisi standar. Dibandingkan dengan waktu alir murni pada temperature standar, semakin lama waktu untuk menghabiskannya makin tinggi viskositasnya.

e. Kadar Belerang

Belerang yang dikandung, bahan bakar mempunyai akibat merugikan yang sama seperti motor hemin. Gas belerang dioksida dalam gas asap dapat merusak logam-logam. terutama bila motor bekerja dingin. Hal ini terutama tampak pada saluran buang, katup-katup, dan cincin torak.

f. Kadar Abu

Abu bahan bakar yang ikut masuk ke dalam pompa, nosel, dan bidang-bidang silinder, menggores bidang tertentu. Lama kelamaan menjadi aus dan longgar sehingga timbul kebocoran. Abu ini dapat juga menyumbat kapiler nosel. Kadar abu bahan bakar dapat diukur dengan cara membakar sejumlah bahan bakar. Abu yang tidak terbakar tinggal sebagai sisa. Kadar abu bahan bakar harus serendah mungkin.

g. Kadar Air dan Sedimen

Air dan sedimen dapat menyebabkan kerusakan atau korosi pada bidang-bidang pompa dan nosel, Air dapat juga mengganggu proses pembakaran. Pengukuran kadar air dan sedimen biasanya dilakukan bersama-sama, yakni dengan memutarakan mimak, bagian-bagian berat yang terdiri dari air dan sedimen memisahkan diri.

C. MINYAK PELUMAS

1. Pengertian

Sumber utama pelumas adalah minyak bumi yang merupakan campuran beberapa organik, terutama hidrokarbon. Segala macam minyak bumi mengandung parafin (C_nH_{2n-2}), siklik parafin (naftena) (C_nH_{2n}) dan aromatik (C_nH_n), jumlah susunan tergantung sumber minyaknya.

Aromatik mempunyai sifat pelumasan yang baik tetapi tidak tahan oksidasi. Parafin dan naftena lebih stabil tetapi tidak dapat menggantikan aromatik secara keseluruhan. Karena tipe aromatik tertentu bertindak sebagai penghalang oksidasi dan parafin murni tidak mempunyai sifat pelumasan yang baik.

Perbedaan yang lain yaitu aromatik mempunyai viskositas rendah, naftena mempunyai viskositas sedang, dan parafin mempunyai viskositas tinggi. Oksidasi minyak mineral umumnya menyebabkan meningkatkan viskositas serta terbentuknya asam dan zat yang tak dapat larut.

Apabila terjadi oksidasi besar-besaran akan menyebabkan korosi dan bahkan merusak logam yang dilumas, kemudian oil diperbarui. Daya tahan oksidasi berkurang pada suhu yang tinggi. Dengan minyak pelumas yang baik, oksidasi masih akan tetap berlangsung perlahan-lahan pada suhu 80°C. Diatas suhu tersebut kecepatan oksidasi meningkat dengan cepat. Kecepatan oksidasi tergantung pada suhu udara dan macam bahan bantalan. Oleh karena itu, sangat sulit menentukan suhu operasi maksimum dan bagaimana seringnya oil harus diganti.

2. Fungsi

Fungsi terpenting dari pelumas adalah mencegah logam bergesekan, menghindari keausan, mengurangi hilangnya tenaga, dan

mengurangi timbulnya panas. Hal yang diinginkan adalah apabila gesekan logam dicegah semuanya, disebut hidrodinamik atau penuh film pelumas, di sini gesekan metal betul-betul diganti dengan gesekan dalam pelumas yang sangat rendah. Sebaliknya karena tekanan tinggi, kecepatan rendah, pelumas tidak cukup dan sebagainya, film pelumas menjadi sangat tipis, pelumas akan disebut dalam kondisi boundary, dan masih menyebabkan gesekan logam.

Di samping itu gesekan juga tergantung dari kehalusan dan keadaan logam, selain kemampuan pelumas. Bahan yang tidak sejenis biasanya kurang menyebabkan kerusakan permukaan dibandingkan bahan yang sejenis.

Dalam kenyataan molekul pelumas berhubungan langsung dengan logam akan diserap permukaan logam kemampuan pelumas dan adhesi penyerapan molekul-molekul ini memberi daya tahan pada logam.

Pada Tabel 6 disajikan daftar koefisien gesekan untuk bermacam-macam keadaan pelumasan.

TABEL 6 KOEFISIEN GESEKAN

Keadaan Gesekan atau Pelumasan	Koefisien Gesekan
Gesekan kering	0,3
Pelumasan tipis	0,1 – 0,3
Pelumasan tanggung	0,005 – 0,1
Pelumasan penuh film	0,001 – 0,005

Terlepas dari kemampuan pelumas, pelumas harus tahan lama, antara lain tahan panas dan tahan oksidasi. Minyak mineral, tumbuhan-tumbuhan dan binatang atau gemuk sebagai pelumas mempunyai kemampuan pelumas tetapi tidak cukup tahan oksidasi.

Viskositas adalah ukuran tahanan mengalir suatu minyak merupakan sifat yang penting dari minyak pelumas. Beberapa tes telah dikembangkan untuk menentukan viskositas antara lain tes Saybolt, Redwood, Engler, dan Viscosity Kinematic.

Viskositas semua cairan tergantung pada suhu. Bila suhu meningkat, daya kohesi antar molekul berkurang. Sebagian jenis minyak perubahan viskositasnya sangat drastis dibandingkan yang lainnya.

Titik beku suatu minyak adalah suhu di mana minyak berhenti mengalir atau dapat juga disebut titik cair yaitu suhu terendah di mana minyak masih mengalir. Pengetahuan mengenai hal ini penting dalam pemakaian minyak pada suhu yang rendah.

3. Gesekan dan Pelumasan

Gesekan akan terjadi bila dua permukaan bahan yang bersinggungan digerakkan terhadap satu sama lain, gesekan itu menyebabkan keausan, dengan melumas berarti memasukkan bahan pelumas antara dua bagian yang bergerak dengan tujuan untuk mengurangi gesekan dan keausan.

a. Gesekan Kering

Gesekan kering terjadi bila tidak terdapat bahan pelumas. Jadi, antara bagian-bagian yang bergerak terjadi kontak langsung. Perlawanan gesekan adalah akibat dari kaitan berturut-turut dari puncak bagian-bagian yang tidak rata. Besarnya koefisien ditentukan oleh jenis permukaan yang saling bergeser, koefisien gesek antara 0,3 sampai 0,5. Gesekan kering tidak diperbolehkan dalam peralatan teknik.

b. Gesekan Zat Cair dan Pelumasan Penuh

Gesekan zat cair terjadi jika antara permukaan terdapat suatu lapisan bahan pelumas yang demikian tebalnya, sehingga puncak-puncak yang

tidak rata itu tidak saling menyinggung lagi. Jadi dalam hal ini tidak terdapat gesekan kering antara bagian-bagian yang bergerak melainkan suatu gerakan zat cair antara lapisan-lapisan bahan pelumas.

Besarnya koefisien gesek ditentukan oleh tebalnya lapisan bahan pelumas dan oleh viskositanya. koefisien itu lebih kecil dari 0,03. Pelumasan yang terjadi karena gesekan zat cair dinamakan pelumasan penuh atau pelumasan hidro dinamis. Keuntungan yang terpenting dari pelumasan penuh ialah pengausan yang sangat kecil.

Terjadinya pelumasan penuh tergantung dari banyak faktor, yaitu viskositas dari bahan pelumas, garis tengah poros. Kecepatan putar poros, beban, suhu kerja, cara pemasukan minyak, ruang main antara poros dan bantalan, jenis beban, dan sebagainya.

c. Gesekan Setengah Kering dan Pelumasan Terbatas

Gesekan setengah kering terjadi, jika antara permukaan terdapat lapisan bahan pelumas yang demikian tebalnya. Sehingga puncak-puncak yang tidak rata masih tepat bersinggungan. Jadi dalam hal ini terjadi gesekan kering sebagian dan gesekan zat cair sebagian. Besarnya koefisien gesek ditentukan oleh jenis bidang yang bergeser terhadap satu sama lain, tebalnya lapisan bahan pelumas, dan viskositas serta lumas dari bahan pelumas. Koefisien daya lumas kira-kira 0,1. Pelumasan yang terjadi pada gesekan setengah kering dinamakan pelumasan terbatas.

4. Jenis Pelumas yang Digunakan

Minyak pelumas yang digunakan dapat dibedakan menjadi beberapa jenis, yaitu sebagai berikut :

1) Minyak tumbuh-tumbuhan

Minyak tumbuh-tumbuhan diperoleh dengan cara memeras biji atau buah. Minyak tumbuh-tumbuhan yang terpenting dalam teknik ialah minyak lobak (rape oil), minyak biji katun, dan biji risinus.

2) Minyak hewan

Minyak hewan diperoleh dengan cara merebus atau memeras tulang belulang atau lemak babi. Minyak hewan yang terpenting untuk keperluan teknik ialah minyak tulang dan minyak ikan. Minyak tersebut masing-masing diperoleh dari kaki hewan dan dari Minyak tumbuh-tumbuhan dan minyak hewan keduanya mempunyai lumas yang baik, oleh sebab itu minyak tersebut dinamakan minyak. Keburukan dari minyak itu ialah cepat menjadi tengik yang berarti bahwa minyak menjadi cepat tua. Minyak tumbuh-tumbuhan dan minyak hewan hampir tidak digunakan secara tersendiri sebagai minyak pelumas. Akan tetapi karena daya lumasnya baik sekali maka ditambahkan pada minyak mineral.

3) Minyak mineral

Minyak mineral diperoleh dengan cara distilasi (penyulingan) minyak bumi secara bertahap. Minyak mineral lebih murah daripada minyak tumbuh-tumbuhan atau minyak hewan, akan tetapi lebih tahan lama dari kedua macam minyak tersebut. Hanya saja daya lumas dari minyak mineral tidak sebaik minyak tumbuh-tumbuhan dan minyak hewan.

4) Minyak kompon

Minyak kompon itu adalah campuran antara minyak mineral dengan sedikit minyak tumbuh-tumbuhan atau minyak hewan. Campuran ini mempunyai daya lumas yang lebih sempurna daripada minyak mineral.

5. Bahan Imbuh Aditif

Bahan imbuh aditif itu ialah zat kimia yang ditambahkan pada minyak dengan tujuan untuk memperbaiki sifat-sifat tertentu dari minyak yang bersangkutan. Berbagai macam bahan imbuh itu diberi nama menurut sifat yang diperbaikinya dalam minyak.

Jenis bahan imbuh adalah sebagai berikut:

- 1) Bahan imbuh untuk menurunkan titik beku,
- 2) Bahan imbuh untuk meningkatkan indeks viskositas, dan
- 3) Bahan imbuh pemurni dan penyebar.

Aditif ini menjaga supaya bagian-bagian zat arang tetap tinggal melayang-layang dan mencegahnya melekat pada logam, dengan demikian pesawat yang bersangkutan tetap tinggal bersih.

6. Antioksidan dan Antikorosi

Aditif antioksidan mengurangi ketuaan minyak, jadi minyak yang diberi aditif antioksidan tidak cepat mengoksidasi sehingga pengasaman dapat dicegah. Aditif antikorosi memberi lapisan pelindung pada bagian mesin, dengan demikian dapat dicegah termakannya oleh asam yang terjadi dalam minyak.

7. Peningkatan Nilai Tekanan Batas

Aditif ini mencegah dua bagian logam yang saling bersinggungan berpadu dan di samping itu, juga meningkatkan daya lumas minyak. Minyak yang diberi aditif peningkat nilai tekanan batas, tahan terhadap tekanan tinggi.

D. GEMUK

Gemuk digunakan bila minyak tidak dapat dipakai. Gemuk adalah produk padat agak cair, umumnya tersusun dari minyak dan sabun di samping metode lain membuat gemuk. Kandungan minyak umumnya antara 75 - 95%. Gemuk. lebih tahan karat, tahan oksidasi, tahan udara lembap dan sebagainya. Kita menggunakan gemuk apabila pemakaian oli mengalami kesulitan karena tidak ada penutup.

Gemuk bantalan mempunyai struktur halus atau butiran, sedangkan gemuk roda gigi ulet dan berserabut. Untuk roda gigi harus mempunyai adhesi yang kuat pada logam sehingga tidak terlempar keluar dari antara gigi. Gemuk roda gigi pada lemari roda gigi yang tidak tertutup adalah agar cair sehingga gemuk dapat kembali pada posisi semula.

Sesuai dengan jenis logam yang digunakan untuk sabun, kita membedakan jenis gemuk sebagai berikut.

1. Gemuk Sabun Kalsium (Gemuk Kapur)

Gemuk ini tahan air tetapi tidak tahan suhu tinggi, titik tetesnya terletak antara 90 - 150°C. Gemuk sabun kalsium digunakan untuk pelumasan umum, terutama untuk bantalan luncur.

2. Gemuk Sabun Natrium (Gemuk Soda)

Gemuk ini tidak tahan air, akan tetapi tahan suhu tinggi. Titik tetesnya terletak antara 150 - 230°C. Gemuk sabun natrium digunakan untuk pelumasan bantalan peluru dan bantalan golong.

3. Gemuk Sabun Aluminium

Gemuk ini tahan air, akan tetapi tidak tahan suhu tinggi, titik tetesnya terletak pada 90°C. Gemuk ini sesuai untuk penggunaan khusus, yang memerlukan perlawanan terhadap daya lempar keluar.

4. Gemuk Sabun Litium

Gemuk ini tahan air dan tahan suhu tinggi, titik tetesnya terletak pada 180°C. Gemuk sabun litium digunakan sebagai gemuk serba guna, yang berarti bahwa gemuk ini dapat digunakan untuk banyak macam keperluan.

5. Gemuk Basa Campuran

Gemuk ini mengandung sabun kalsium dan sabun natrium, sifat gemuk ini tentu saja berada di antara sifat sabun kalsium dan sifat sabun natrium. Gemuk basa campuran digunakan sebagai gemuk serba guna, akan tetapi tidak mungkin di tempat yang ada air. Suhu kerja maksimum kira - kira 40°C, lebih rendah daripada titik tetes.

E. PENGGUNAAN PELUMAS

Pelumas dapat digunakan untuk beberapa keperluan, antara lain sebagai berikut.

1. Oli Mesin

Tersedia dalam dua kualitas, yaitu bermutu rendah dan tinggi. Yang bermutu rendah diperuntukkan untuk bagian-bagian yang dapat dilumas dari pot oil. Kualitas yang lebih tinggi diperuntukkan untuk sistem sirkulasi (pelumasan bantalan, roda gigi transmisi beban ringan) di mana oil harus berfungsi dalam jangka waktu yang lama, bermutu, dan tahan oksidasi. Viskositas yang diberikan untuk bantalan tergantung beberapa faktor, yaitu beban, kebebasan, suhu, kecepatan, diameter poros, dan sistem pelumasan.

2. Pelumasan Transmisi Roda Gigi Lurus dan Roda Gigi Cacing

Oil mineral murni tidak tahan lama untuk pelumas pada beban berat dan beban hentakan transmisi roda gigi dan oli. Untuk sistem roda gigi, beban ringan yang terbuka diperlukan oil yang adhesi dengan logam dan tidak terlempar dari roda gigi. Untuk roda gigi beban berat terbuka, campuran yang mengandung aspal ulet sering digunakan dan pada suhu yang tinggi.

3. Oli Silinder Uap

Oil silinder uap harus mempunyai titik nyala yang tinggi dan tidak mengandung bahan yang mudah menguap pada uap panas. Minyak mengandung proporsi gemuk tertentu diperbolehkan beremulsi dengan cairan yang bersifat pelumas yang baik, adhesi pada logam cukup baik.

4. Oli Motor

Oil motor bensin mengandung pembersih untuk mencegah mengendapnya kotoran padat dengan menjaganya tetap dalam suspensi.

5. Oli Hidrolik

Dengan alasan keselamatan, cairan hidrolik tidak mudah menyala, apalagi untuk sistem hidrolik yang bekerja di dekat api.

BAB IX KOROSI DAN CARA MELINDUNGI

A. PENYEBAB KOROSI

Korosi dapat diartikan sebagai perusakan logam oleh keadaan sekitar. Keadaan sekitar ini antara lain adalah udara lembab, bahan kimia, air laut, gas, dan sebagainya. Oleh karena korosi, logam berubah ke dalam garamnya, oksida, atau hidrooksida.

Penyebab korosi ada dua macam, yaitu korosi kimia dan korosi elektrolit.

1. Korosi Kimia

Logam akan berkarat karena suatu proses yang dapat dikatakan sebagai suatu proses kimia yang sederhana. Oksigen yang terdapat pada atmosfer dapat bergabung dengan logam - logam membentuk lapisan oksida pada permukaannya. Apabila lapisan ini lepas, proses oksidasi dapat dilanjutkan dan logam secara perlahan-lahan berkarat.

Berkaratnya besi dan baja tidak dalam oksidasi yang sederhana, diperlukan adanya udara dan air (udara lembab). Besi tidak akan berkarat pada udara yang kering dan juga pada air murni. Akan tetapi, apabila udara dan air ada bersama - sama, besi dan khususnya baja akan berkarat dengan cepat.

Kecepatan berkarat tidak akan berkurang. Sebab, lapisan dari hasil korosi yang terbentuk akan lepas sehingga lapisan karat yang baru terbentuk di bawahnya dan melepaskan lapisan di atasnya.

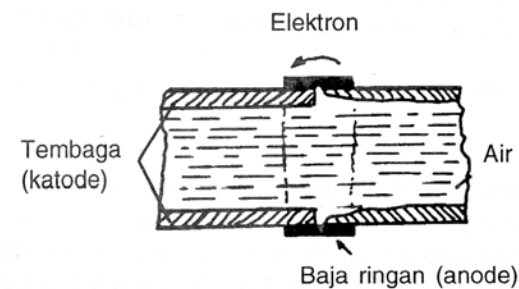
2. Korosi Elektrolit

Korosi elektrolit pada dasarnya adalah korosi kimia juga, walaupun sedikit lebih kompleks. Kita lihat prinsip suatu sel listrik yang sederhana, terdiri dari pelat tembaga dan pelat seng, keduanya tercelup dalam larutan asam sulfat.

Apabila pelat - pelat tersebut tidak bersentuhan di dalam larutan ataupun tidak ada hubungan di luar larutan, tidak akan ada aksi yang ambil bagian. Tetapi begitu mereka dihubungkan suatu arus listrik yang mampu menyalakan lampu kecil, mengalir membuat suatu rangkaian.

Kita mengerti bahwa suatu arus listrik terdiri dari arus partikel bermuatan negatif (elektron) mengalir dari seng ke tembaga (atau dari anode ke katode). Bagian yang harus paling diingat yaitu bahwa seng adalah "anodic" terhadap tembaga. Sehingga apabila logam-logam itu dihubungkan dan dicelupkan ke dalam suatu elektrolit, seng akan mengurai atau berkorosi lebih cepat daripada dicelupkan sendiri dalam elektrolit.

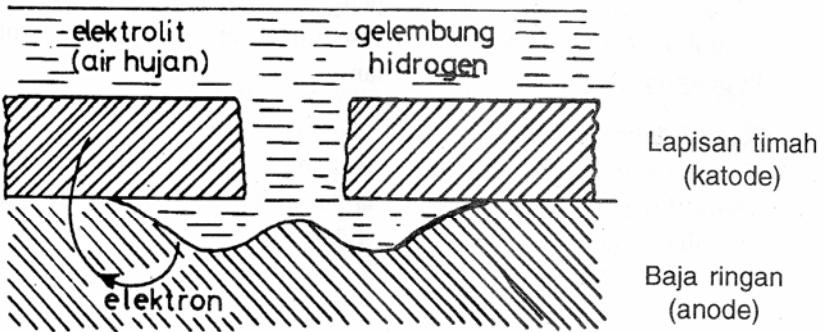
Misalnya, saluran pipa yang terdiri dari pipa besi ringan yang disambung dengan pipa tembaga dan dialiri air. Karena besi ringan anodic pada tembaga, baja ringan tersebut akan berkarat lebih cepat dibanding apabila keseluruhannya baja ringan, yang akan berkarat dengan cepat adalah bagian yang berhubungan langsung dengan pipa tembaga.



GAMBAR 56 KOROSI ELEKTROLIT TEMBAGA

Beberapa logam murni mempunyai daya tahan karat yang baik dari korosi atmosfer. Akan tetapi logam itu biasanya mahal dan beberapa di antaranya sifat mekaniknya lemah. Sehingga pelapisan tipis dari satu di antara logam - logam itu sering digunakan untuk melindungi baja ringan. Timah murni mempunyai daya tahan korosi yang baik sekali, tidak hanya dalam atmosfer dan air, akan tetapi juga dalam beberapa cairan dan larutan.

Apa yang terjadi apabila lapisan timah pada baja ringan tergores? Baja ringan menjadi anodic pada timah sehingga akan terkorosi lebih cepat pada daerah tergores dibanding apabila tanpa timah sama sekali. Dengan demikian, dalam memberi pelapisan baja ringan harus betul - betul menyeluruh dan tanpa pecah.

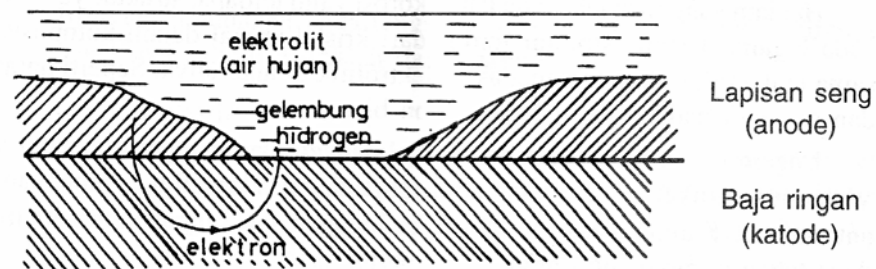


GAMBAR 57 KOROSI ELEKTROLIT TIMAH

Pengaruh lapisan seng dalam hal yang serupa, di sini seng adalah anodic pada baja ringan dan dalam hal ini seng yang berkarat lebih daripada bajanya. Baja ringan tidak akan berkarat sejauh seng masih terdapat di dekat goresan.

Demikianlah dengan penguraiannya seng akan melindungi baja ringan dari korosi. Pelapisan dengan seng untuk baja ringan dikenal dengan

istilah "pelindung berkorban". Pada dasarnya seng akan berkarat sangat cepat, dalam keadaan ini akhirnya perlindungan akan terbatas.



GAMBAR 58 KOROSI ELEKTROLIT SENG

B. BENTUK KOROSI

Bentuk korosi ada tiga macam, yaitu sebagai berikut.

1) Korosi menyeluruh

Pada korosi menyeluruh logam dicerna pada seluruh permukaannya.

2) Korosi setempat atau korosi bopeng

Bentuk korosi ini mencerna logam setempat sehingga pada umumnya muncul bopeng-bopeng kecil dalam bahan.

3) Korosi antargaris kristal

Korosi dalam garis kristal terjadi sepanjang batas hablur, sebagai akibatnya kristal-kristal terlepas satu sama lain. Bentuk korosi ini adalah sangat berbahaya oleh karena dari luar tidak nyata.

C. PENCEGAHAN KOROSI

Pencegahan korosi pada logam dapat dilakukan dengan dua proses yaitu proses paduan dan proses pelapisan permukaan.

1. Proses Paduan

Baja tanpa campuran dapat dilumerkan bersama dengan krom, nikel, atau gabungan dari logam tersebut. Dengan penambahan itu kristal - kristal memperoleh sifat tertentu yang membuat lebih tahan korosi.

"Baja tahan karat" menjadi tahan karat antara lain karena lapisan kromium Oksida yang lekat dan melindungi permukaannya. Seperti halnya lapisan oksida pada permukaan aluminium.

Hal lain yang menyebabkan tahan korosi yaitu terdapat struktur yang seragam pada logam. Apabila struktur terdiri dari kristal - kristal dalam komposisi yang sama maka tidak akan terdapat aksi elektrolitik di antaranya. Seperti antara ferit dan sementit pada struktur baja karbon biasa.

Logam murni biasanya tahan korosi dengan alasan seperti tersebut di atas. Walaupun partikel kotoran yang terdapat pada batas kristal menyebabkan korosi antarkristal. Karena alasan itulah maka logam yang sangat murni mempunyai daya tahan korosi yang tinggi.

Dalam hal ini khususnya pada besi dan aluminium dapat dicapai kemurnian hingga 99,9999% murni. Akan tetapi karena sangat mahal, penggunaan logam murni dalam kebutuhan sehari-hari tidak memungkinkan.

2. Pelapisan Permukaan

Pemunculan korosi dapat juga dicegah dengan menerapkan suatu lapisan penutup, lapisan penutup ini dapat terdiri dari berbagai bahan dan dapat dilakukan dengan berbagai cara.

a. Lapisan Penutup Bukan Logam

1) Cat

Cat dipakai sebagai pelapis yang sangat umum untuk baja ringan. Cat tidak hanya melindungi melawan korosi oleh atmosfer, tetapi juga

untuk mendapatkan warna yang menarik. Hasil maksimum akan didapat apabila pertama - tama baja dicelup fosfor. Pencelupan pada obat asam fosfat, yang tidak hanya melepaskan karat akan tetapi juga melapisi permukaan baja dengan permukaan yang sedikit kasar dan padat akan besi fosfat. Hal ini menghasilkan pelindung melawan korosi dan juga sebagai cara pengecatan yang terbaik di samping sebagai pelapis dasar untuk cat.

2) Minyak dan gemuk

Melapis dengan lapisan minyak atau lapisan gemuk dapat dilaksanakan dengan menggunakan kuas atau dengan cara pencelupan. Akan tetapi, kekuatan mekaniknya sangat kurang. Penggunaannya terdapat pada bagian-bagian mesin dan perkakas tertentu.

3) Bitumen

Bitumen adalah produk minyak bumi. Bitumen dapat digunakan dengan kuas, dengan cara dicelupkan atau dengan dituangkan. Lapisan bitumen tidak kuat dan oleh karena itu, sering diperkuat dengan lapisan tali goni.

Bitumen digunakan pada tangki minyak, saluran gas dan saluran air, dan kabel saluran listrik di dalam tanah.

4) Lapisan plastik

Penerapan lapisan plastik dapat dilaksanakan dengan beberapa cara. Hanya jenis plastik termoplastis dan poliester dengan pertimbangan praktis yang dapat digunakan. Plastik termoplastis dapat dilumerkan, lalu produk yang harus dilindungi dicelupkan atau dituangkan.

Poliester dapat diterapkan dengan kuas dengan cara disiram atau dengan menggunakan penyemprot. Lapisan plastik yang diterapkan tidak kuat dan digunakan untuk melindungi perkakas, umpama pahat frais, bor, dan sebagainya.

Bentuk istimewa dari penerapan lapisan plastik adalah dengan cara sinter pusran. Di sini serbuk plastik termoplastis yang sangat halus dimasukkan suatu produk logam yang dipanaskan terlebih dahulu maka serbuk plastik menempel pada permukaannya. Oleh karena itu, logam ditutup dengan lapisan homogen.

Sinar pusr digunakan pada produk logam yang berhubungan dengan cairan agresif, misalnya keran, mesin cuci, sengkang dan jepitan untuk akumulator, dan sebagainya.

5) Email

Email terdiri dari campuran kuarsa, boraks, dan zat-zat lain. Produk dilapisi dengan email dan selanjutnya dipanaskan dalam oven. Lapisan email mudah rusak, email digunakan untuk alat rumah tangga.

6) Fosfat

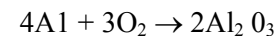
Produk digantungkan dalam cairan persenyawaan fosfat yang dilumerkan. Oleh karena itu, permukaan produk dari baja diubah menjadi fosfat besi dan di atasnya dapat melekat fosfat lainnya dari cairan. Cara yang demikian, kita sebut difosfatkan, diparkerisasikan, diatramentasikan, atau dibonderisasikan. Menfosfatkan tidak memberi daya tahan korosi tetap dan oleh karena itu, pada umumnya digunakan sebagai lapisan dasar untuk lapisan cat.

7) Oksida

Melalui jalan elektrolisis di atas aluminium dapat diterapkan satu lapisan oksida. Untuk keperluan itu, produk aluminium digantung dalam cairan elektrolisis. Cairan itu pada umumnya adalah suatu larutan asam belerang dalam air.

Jika setelah itu, kin hubungkan kutub positif dari sumber tegangan dengan produk dan kutub negatif dari sumber tegangan dengan pelat titian yang digantungkan dalam cairan maka air memisahkan diri menjadi zat asam dan zat air.

Zat asam yang dibebaskan bersenyawa dengan aluminium dan membentuk aluminium oksida menurut:



Tebal lapisan oksida yang terjadi adalah kira-kira 0,02 mm dan berpori. Dalam keadaan berpori ini oksida aluminium dapat menerima bahan warna. Lapisan pori dapat ditutup dengan cara memasak produk dalam air murni selama seperempat jam. Jika dalam air tidak kita campurkan bahan warna maka lapisan oksida menjadi bening seperti kaca.

Cara itu disebut menganodisasikan atau mengelokasikan yang dilakukan untuk konstruksi dan alat rumah tangga.

b. Lapisan Penutup Dari Logam

Pada penerapan lapisan penutup dari logam, kita seringkali lihat bahwa beberapa logam membentuk kulit korosi, yang melindungi logam di bawahnya terhadap kerusakan lebih lanjut. Logam yang memperlihatkan sifat ini antara lain aluminium, seng, krom, kadmium, nikel, timah, timbel, dan tembaga. Ada beberapa cara untuk menerapkan lapisan logam pada logam lain.

1) Elektroplating (Penyepuhan)

Penyepuhan adalah melapiskan logam pada permukaan logam. Emas, perak, nikel, kromium, tembaga, kadmium, timah, seng, dan beberapa paduan yang lain dapat dilapisi dengan cara penyepuhan. Elektroplating sesungguhnya adalah proses yang mahal akan tetapi, memberikan lapisan permukaan yang sangat merata dengan kualitas yang tinggi, karena kontrol yang teliti dapat dilakukan pada semua tingkat.

Tambahan pula tidak terjadi pemanasan pada komponen yang akan dilapisi sehingga tidak ada risiko kerusakan sifat mekanik yang mungkin akan terjadi pada perlakuan pemanasan yang lain.

2) Pekerjaan skoper

Pekerjaan skoper adalah pengerjaan logam dengan cara logam yang akan diterapkan dilumerkan dengan pembakar khusus dan selanjutnya disemprotkan oleh tekanan nyala api pada produk. Produk yang akan diolah harus agak kasar.

Logam yang disemprotkan menempel pada hampir tiap permukaan, juga pada kayu, batu, dan kertas. Pekerjaan skoper dilaksanakan dengan seng, timah, timbel, tembaga, dan aluminium. Oleh karena bentuknya tetesan, lapisan yang disemprotkan tidak tertutup sama sekali. Logam yang dilapiskan adalah oleh karena bentuk bolanya cukup keras, pekerjaan skoper antara lain digunakan pada konstruksi. Dalam teknik listrik, kertas yang diskoperkan digunakan sebagai pelindung pada kabel dan sebagai pengantar dalam kondensator.

3) Galvanisasi

Apabila garam logam dilarutkan dalam air maka garam mengionisasi.

4) Serardisasi

Mengserardisasi adalah satu cara penempelan serbuk seng yang sangat halus pada permukaan baja pada suhu tinggi. Dengan besi dari

baja dibentuk paduan seng – besi yang sangat tahan terhadap korosi. Sebelum kita dapat mengserardisasi, semua kotoran dari benda harus dihilangkan. Setelah itu, benda bersamaan dengan serbuk seng dimasukkan ke dalam tromol.

Dengan memanaskan isi tromol hingga 400°C dan memutarnya dengan perlahan-lahan terbentuk suatu paduan seng - besi setebal 15-25 mikromili dalam waktu lebih kurang 1 Jam. Kita mengserardisasikan dengan cara yang sama juga dengan aluminium dan krom.

Oleh karena lapisan penutup terjadi di mana - mana yaitu juga pada tempat yang sukar dicapai maka cara ini adalah cocok untuk pengolahan, misalnya: ulir sckrup dalam mur atau pada baut. Kerugian dari cara ini adalah benda kerja dapat berubah bentuk atau memuda karena panas.

Lapisan serardisasi itu keras dan mempunyai ketahanan aus yang baik. Sambungan las dan patri dapat diserardisasikan dan oleh karena itu, memperoleh warna yang sama dengan sisa produk. Kita mengserardisasikan pada umumnya untuk bagian - bagian kecil dari baja seperti baut, mur, gelang, dan sebagainya.

5) Perlindungan katodis

Menurut cara ini logam dikempa atau dicanai pada suhu tinggi, kita membuat stempel dengan tembaga, nikel, aluminium, dan perak.

Tangki dalam tanah, tiang jembatan, dan sebagainya dapat dilindungi secara sederhana terhadap korosi. Di sini anode pembantu dihubungkan secara listrik oleh tanah yang lembap atau dihubungkan dengan kawat tembaga pada konstruksi yang harus dilindungi. Oleh

karena magnesium lebih baik dan baja maka korosi seakan - akan diambil alih oleh magnesium. Kita memang harus mencoba menanam anode pembantu magnesium di tempat yang paling bermanfaat.

Oleh karena korosi merupakan gejala listrik akibat tegangan maka memberantas korosi juga mungkin dengan menghilangkan perbedaan tegangan itu. Dengan demikian dibutuhkan untuk menghubungkan tegangan listrik berlawanan dengan tegangan konstruksi yang berada di dalam tanah dan tanah sekitarnya.

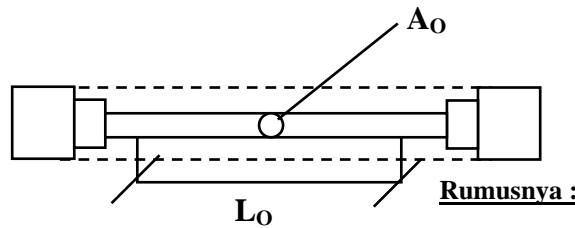
Tegangan berlawanan itu dengan bantuan elektroda baja atau elektroda zat arang ditambahkan pada tanah dan konstruksi.

Jika tegangan saling menghapuskan satu dengan lain maka korosi tidak mungkin lagi terjadi. Pada cara demikian harus didahulukan pengukuran yang sangat teliti terhadap tegangan yang ada.

BAB X

PERCOBAAN TARIK / UJI BAHAN

Untuk percobaan ini kita membutuhkan batang tarik.

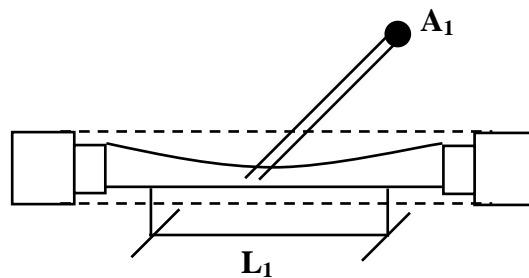


Sebelum di tarik

Rumusnya :

$$\text{Tegangan} = \frac{\text{Gaya}}{\text{Luas Penampang semula}}$$

Atau



Setelah di tarik

$$\text{Regangan} = \frac{\text{Perpanjangan} \times 100 \%}{\text{Panjang Semula}}$$

Atau

$$\sigma = \frac{F}{A_0}$$

$$\epsilon = \frac{L_1 - L_0}{L_0} \times 100 \%$$

Dalam percobaan ini kita mengenal macam sifat bahan yaitu :

- ❖ Modulus kenyal.
 - ❖ Batas regangan.
 - ❖ Kekuatan tarik dan kekuatan putus.
 - ❖ Regangan dan penggentingan.
1. Modulus kenyal : ukuran kekakuan suatu bahan.
Bahan dengan modulus kenyal > maka bahan tersebut lebih kaku dan sebaliknya.
 2. Batas regang : ukuran kekokohan suatu bahan.
 3. Kekuatan tarik : ukuran kekuatan suatu bahan.
 4. Regangan : ukuran untuk sifat dari bahan dapat dibentuk.

Rumus – rumus :

$$1. \text{ Modulus Kenyal : (E) } = \frac{\text{Tegangan}}{\text{Regangan}}$$

$$E = \frac{\sigma}{\epsilon}$$

$$2. \text{ Batas Regang : } (\sigma_R) = \frac{\text{Gaya}}{\text{Luas Penampang semula}}$$

$$\sigma_R = \frac{FR}{A_0}$$

$$3. \text{ Kekuatan Tarik } : (\sigma_B) = \frac{\text{Gaya Terbesar}}{\text{Luas Penampang Semula}}$$

$$\sigma_B = \frac{F_B}{A_O}$$

$$\text{Kekuatan Putus } : (\sigma_F) = \frac{\text{Gaya Pada Saat Putus}}{\text{Luas Penampang Terkecil Setelah Putus}}$$

$$\sigma_F = \frac{F_F}{A_1}$$

$$4. \text{ Regangan } : (\delta) = \frac{\text{Perpanjangan Setelah Putus} \times 100 \%}{\text{Panjang Semula}}$$

$$\delta = \frac{L_1 - L_O \times 100 \%}{L_O}$$

$$\text{Penggentingan } : (\Psi_X) = \frac{\text{Pengurangan Luas Penampang Terbesar Setelah Putus} \times 100 \%}{\text{Luas Penampang Semula}}$$

$$\Psi_X = \frac{A_1 - A_O \times 100 \%}{A_O}$$

CONTOH SOAL PERCOBAAN TARIK

Dalam percobaan ini digunakan sebuah loyang yang dibubut dengan diameter (d_o) = 10 mm dan panjangnya (l_o) = 100 mm. Pada waktu perbatasan (F_p) sebesar 22 KN regangan pada waktu itu 0,28 %. Batas regangan dicapai pada gaya 25 KN dan kekuatan tarik (σ_B) diperoleh sebesar 31,4 KN setelah dilakukan percobaan, maka batang putus pada gaya 23 KN dan mengalami pengecilan diameter menjadi 3,5 mm. dan panjangnya menjadi 132 mm (L_1).

Pertanyaan : Berapa ?

- Batas Proporsionalitas (σ_P)
- Modulus Kenyal (E)
- Batas Regangan (σ_R)
- Kekuatan Tarik (σ_B)
- Kekuatan Putus (σ_F)
- Regangan (δ)
- Penggentingan (Ψ_F)

Jawab :

$$\begin{aligned} \text{a). } \sigma_P &= \frac{F_p}{A_o} = \frac{22 \text{ KN}}{\frac{1}{4} d_o^2} = \frac{22.000}{\frac{1}{4} \cdot 3,14 \cdot 10^2} \\ \sigma_P &= \frac{22.000}{78,5} = 280 \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

$$\text{b). } E = \frac{\sigma_P}{\varepsilon} = \frac{280}{0,0028} = 100.000 \text{ N/mm}^2$$

$$\begin{aligned} \text{c). } \sigma_R &= \frac{F_R}{A_o} = \frac{25 \text{ KN}}{\frac{1}{4} R d_o^2} = \frac{25.000}{\frac{1}{4} \cdot 3,14 \cdot 10^2} = \frac{25.000}{78,5} \\ \sigma_R &= 320 \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{d). } \sigma_B &= \frac{F_B}{A_o} = \frac{31,4 \text{ KN}}{\frac{1}{4} R d_o^2} = \frac{31.400}{\frac{1}{4} \cdot 3,14 \cdot 10^2} = \frac{31.400}{78,5} \\ \sigma_B &= 400 \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{e). } \sigma_F &= \frac{F_F}{A_1} = \frac{25 \text{ KN}}{\frac{1}{4} R d_o^2} = \frac{23.000}{\frac{1}{4} \cdot 3,14 \cdot 3,5^2} = \frac{23.000}{9,6} \\ \sigma_F &= 2400 \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{f). } \delta &= \frac{L_1 - L_o}{L_o} \times 100 \% = \frac{132 - 100}{100} \times 100 \% \\ \delta &= 32 \% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{g). } \Psi_F &= \frac{A_o - A_1}{A_o} \times 100 \% = \frac{78,5 - 9,6}{78,5} \times 100 \% \\ \Psi_F &= 87,7 \% \end{aligned}$$

BAB XI

LATIHAN SOAL

- 1) a). Jelaskan cara pembuatan plastik.
b). Sebutkan dan uraikan bahan plastik termo setting dan Plastik Termoplastis.
- 2) Jenis minyak dibedakan menjadi minyak panas dan minyak dingin. Jelaskan perbedaannya dan beri contoh !
- 3) Apa saja manfaat / kegunaan dari stenset (Gemuk) !
- 4) Bagaimana proses pembuatan karet mulai dari pohon karet sampai menjadi karet yang dibutuhkan masyarakat. Jelaskan !
- 5) Mengapa bahan bakar gas sekarang dianjurkan pemerintah untuk dipakai / digunakan masyarakat sebagai pengganti bahan bakar cair (Minyak Tanah) !
- 6) a). Sebutkan Klasifikasi / pembagian dari semen.
b). Apa perbedaan dari mortar dan beton.
- 7) Sebutkan bahan isolasi (penyekat) dari listrik, penyekat suara, penyekat getaran dan penyekat panas. Masing – masing beri 3 contoh !
- 8) Apa yang dimaksud dengan packing ? Dan sebutkan bahan – bahan packing yang Anda ketahui !
- 9) a). Kaca mempunyai 3 sifat. Sebutkan dan jelaskan !
b). Sebutkan macam – macam kaca dan bahannya !
- 10) Apa yang dimaksud dengan ilmu logam ?
- 11) Sebutkan dan jelaskan ada berapa proses pengolahan logam ?
- 12) Sebutkan beberapa logam paduan dari Non Ferrous dan sebutkan contoh barangnya !

- 13) Jelaskan proses pembuatan besi tuang / cor dan baja !
- 14) Sebutkan dan jelaskan proses pengerjaan lanjutan yang terjadi pada proses pengolahan logam secara produktif / ekstratif !
- 15) Apa yang dimaksud dengan :
 - a). Fisika Metalluri
 - b). Metallografi
 - c). Fisika logam
 - d). Kimia Logam
- 16) Jelaskan perbedaan sifat logam dan non / bukan logam !
- 17) Sebutkan logam ferrous dan non ferrous yang Anda ketahui !
- 18) Apa yang dimaksud dengan proses Heat Treatment !
- 19) Jelaskan proses transformasi fase pemanasan dan pendinginan yang terjadi pada proses laku panas !
- 20) Apa yang dimaksud dengan Metallurgi Adaptif dan Metallurgi Ekstratif !
- 21) Jelaskan proses pembuatan besi dan baja secara detail !
- 22) Gambarkan diagram proses transformasi saat pemanasan untuk baja Hypoeutectoid dan baja yang Hypereutectoid !
- 23) Jelaskan apa yang dimaksud sifat mekanis suatu bahan. Berikan contohnya !
- 24) Apa yang dimaksud dengan :
 - a). Galvanizing
 - b). Colorizing
 Beri contohnya !
- 25) Coba kamu uraikan tentang logam aluminium yang kamu tahu serta paduannya !
- 26) Dik : Percobaan dengan bola baja sebagai penguji dan plat baja sebagai bahan pengujian.

$F = 25 \text{ N}$; Tebal Plat Baja = 2 mm
 $h = 12 \text{ mm}$
 $D = 10 \text{ mm}$
 $d = 5 \text{ mm}$

Tentukan Hardness Brinell !

- 27) Gambarkan bagan proses pembuatan logam ferrous secara lengkap !
- 28) Sebutkan klasifikasi dari logam non ferrous dan beri contoh !
- 29) Mengapa logam terutama besi setelah proses pembuatannya perlu dilakukan finishing metal process !
- 30) Jelaskan logam non ferrous timah putih (Sn) dan contoh logam paduannya !
- 31) Apa yang dimaksud dengan :
 - a). Polishing
 - b). Metal Plating
 - c). Cleaning
- 32) Terjadi perubahan apa saja apabila suatu logam besi / baja mengalami proses heat treatment !
- 33) Dari suatu batang percobaan bentuk silindris diketahui :

✓	Garis tengah mula – mula	: 10 mm
✓	Garis tengah setelah patah	: 7 mm
✓	Panjang mula – mula	: 50 mm
✓	Panjang setelah patah	: 65 mm
✓	Panjang lumer pada gaya	: 17 KN
✓	Beban max	: 20 KN
✓	Gaya patah pada batang	: 26 KN

Ditanya :

- A. Batas lumer.
 - B. Kekuatan tarik dan patah.
 - C. Regangan dan penggentingan.
- 34) Apa yang dimaksud dengan Ore Dressing dan Zat Impurities !
- 35) Sebutkan bahan – bahan apa saja yang diperlukan dalam pembuatan besi dan baja !
- 36) Jelaskan proses transformasi fase saat pemanasan untuk baja jenis Hypoeutectoid dan baja jenis Hypereutectoid !
- 37) Uraikan sifat - sifat dari logam non ferrous yang penting !
- 38) Apa yang dimaksud dengan :
- a). Metal Coating
 - b). Anodizing
- Beri pula contohnya !
- 39) Jelaskan logam tembaga yang kamu ketahui dan paduannya !
- 40) Dari sebuah batang percobaan bentuk silindris sebelum percobaan, jari – jarinya 17 mm dan panjangnya 110 mm. pada percobaan ternyata batas sebanding dicapai pada beban 60 KN, batas lumer pada beban 78 KN. Sedangkan gaya tarik max : 120 KN. Dan akhirnya batang putus pada gaya : 100 KN dan panjangnya menjadi 128 mm. dan jari – jarinya menjadi 10 mm.

Tentukan :

- a). Batas proporsionalitas
- b). Kekuatan tarik dan putus
- c). Regangan dan penggentingan

- 41) Mengapa besi kasar (pig iron) yang dihasilkan dari dapur tinggi belum bisa digunakan dan apa fungsi dari bahan tambah (flux) berupa batu karang (CaCO_3) !
- 42) Gambarkan secara lengkap dapur tinggi dengan proses yang ada !
- 43) Sebutkan macam / jenis dari proses pengerjaan panas (Hot Working) dan pengerjaan dingin (Cold Working) !
- 44) Apa yang dimaksud dengan sifat fisis suatu bahan. Berikan pula contohnya !
- 45) Jelaskan apa yang dimaksud dengan :
- a). Tin Coating
 - b). Honing atau Lapping
- 46) Apa yang kamu ketahui tentang logam nikel serta paduannya !
- 47) Dari suatu batang percobaan, bentuk silindris sebelum percobaan diameter : 20 mm dan panjangnya 100 mm. pada percobaan ternyata batas sebanding dicapai pada beban 60 KN, batas lumer pada beban 78 KN sedangkan gaya tarik max 120 KN akhirnya batang patah pada gaya 100 KN dan panjangnya menjadi 128 mm dan diameter menjadi : 15 mm

Tentukan :

- a). Batas proporsionalitas
- b). Kekuatan tarik dan putus
- c). Regangan dan penggentingan